arquiteta **Daniela Corcuera**

Dissertação de Mestrado

EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS: O CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE NOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO EXTERNA

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Departamento de Tecnologia

Universidade de São Paulo

Curso de Pós Graduação

Área de Concentração "Estruturas Ambientais Urbanas"

Fapesp - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

Orientador: arquiteto prof. dr. J. L. Fleury de Oliveira

Co-orientador: arquiteto prof. dr. Marcelo A. Romero

São Paulo, março de 1999.

A Deus e a humanidade, no esforço de tornar este mundo melhor, com mais amor e respeito.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela oportunidade de aprender, descobrir e crescer. Pela paz, amor e proteção. Pela paciência de ensinar os caminhos certos e pela certeza de vitória.

Em especial, à minha mãe Raquel e minha irmã Valerie pelo incentivo e encorajamento em fazer o mestrado e ao longo dele.

Ao meu querido marido Thales, pela paciência e compreensão, diante das inúmeras noites que fiquei mergulhada em livros, frente ao computador, e pelos passeios de final de semana, fazendo me desligar da dura rotina diária.

Ao, sem dúvida, arquiteto, e prof. dr. J. L. Fleury, pela orientação ao longo de todo o trabalho. Pelos primeiros questionamentos de se fazer o mestrado, pelo apoio nas "crises" e pelo reconhecimento a cada etapa cumprida. Pelas longas tardes de conversa e conselhos, que iam desde a arquitetura e o meio-ambiente, até o meu projeto de vida para os próximos 30 anos.

Ao prof. dr. Marcelo Romero, pelos bons conselhos, principalmente na fase preliminar do mestrado e pelas constantes injeções de ânimo ao longo da caminhada, sempre me fazendo acreditar na vitória. Pela co-orientação durante a Licença Prêmio do prof. Fleury e pela abertura em dividir os seus conhecimentos e o seu acervo "energético" .

Às Nações Unidas, grupo UNIDO – United Nations Industrial Development – em Viena, na pessoa do Dr. Milton Nogueira da Silva, pela disponibilidade e abertura em fornecer as excelentes publicações, que ajudaram a desenvolver a parte central desta pesquisa.

À arquiteta prof. Joana Gonçalves, pela disponibilização de seu acervo "bioclimático" pessoal, pela troca de informações e impressões, e pelo apoio ao levantar a bandeira "sustentável".

À todos meus familiares, em especial meu pai Roberto e meu irmão Javier que mesmo distantes, acreditaram e apoiaram todo o meu esforço.

Às colegas, arquitetas e, principalmente, amigas Adriana Campos (pela supervisão geral da diagramação e criação da capa), Cecilia Schaaf (revisão de texto), Sandra Shaaf, Carla Tanaka, Andrea Romio e Alessandra Delgado, que acreditaram no esforço e no trabalho do meu mestrado. Aos amigos, pelo apoio, interesse e compreensão diários.

À FAU USP, tanto a pós-graduação na R. Maranhão, quanto a graduação na Cidade Universitária, que na medida do possível, e do impossível, tentam suprir as necessidades de infra-estrutura e recursos. Em especial, às secretárias do Dpto. de Tecnologia: Lili, Lucia e Silvana, e toda a equipe das bibliotecas.

À Fapesp, pelo apoio financeiro, sem o qual esta pesquisa teria sido inviável, neste espaço de tempo.

Por fim, porém não menos importante, à todas as pessoas que de alguma forma colaboraram para a pesquisa. Pela atenção a mim dispensada, nas visitas e entrevistas realizadas, em empresas e outras instituições.

RESUMO

A presente dissertação é resultado do programa de mestrado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade de São Paulo, com apoio da Fapesp. O trabalho enfoca os edifícios de escritórios da cidade de São Paulo e seus elementos de vedação externa, avaliados segundo parâmetros energéticos e ambientais. O que se pretende é primeiramente apresentar um panorama geral quanto à demanda energética e de recursos naturais, bem como as suas implicações no equilíbrio dos sistemas do planeta Terra. Com estes dados em mãos, discute-se o papel dos arquitetos, como determinantes dos recursos a serem utilizados na construção de edifícios e as possibilidades existentes no sentido de se adotar uma postura ambientalmente consciente, pelo correto uso dos materiais e energia. A seguir, são descritos os materiais de construção e apresentados os sistemas de vedação externa utilizados nos edifícios de escritórios de São Paulo, descrevendo-se os principais componentes empregados. Na seqüência, estudos de caso nacionais e internacionais demonstram o consumo de energia em edifícios para diferentes sistemas de vedação externa, e são principalmente apresentadas avaliações mostrando a energia embutida nos diversos sistemas, tais dados visam mostrar os parâmetros energéticos e ambientais a serem utilizados para a sustentabilidade dos edifícios. A arquitetura de escritórios é então apresentada: por um lado edifícios inteligentes da cidade de São Paulo, e por outro, edifícios do exterior que alegam ser "eco-conscientes". Conclui-se a dissertação expondo o papel dos agentes sociais no processo da construção civil e os novos rumos que a arquitetura deve tomar nos próximos anos, adotando os princípios da chamada "arquitetura sustentável".

ABSTRACT

The present dissertation is the result of the master's program at the Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, *in the* Universidade de São Paulo, *supported by* Fapesp. *This work focuses on the office buildings in the city of* São Paulo *and its exterior wall components, evaluated according to energetic and environmental parameters. It is intended firstly to present a general overview of the energetic and natural resources demand, as well as their implications on planet Earth systems' balance. With this* data *in hands, it is discussed the architects' role, as determinants of the resources to be used for the construction of buildings and the possibilities available in order to adopt an environmentally conscious posture, regarding the correct use of materials and energy. Next, are described the construction materials and are presented the exterior wall systems used in office buildings in* São Paulo, *describing the mayor components employed. In the sequence, national and international case studies demonstrate the energy consumption in buildings for different exterior wall systems, and mainly are presented studies showing de embodied energy for many systems, such information aims to show the energetic and environmental parameters to be used for the sustainability of buildings. The architecture of offices is then presented: on one hand the intelligent buildings in the city of* São Paulo, *on the other, buildings from abroad, which claim to be "eco-conscious". Concluding the dissertation, it is discussed the social agents' role in the process of civil construction and the new trends architecture should take in the years to follow, adopting the principles of the so called "sustainable architecture".*

ÍNDICE

Prefácio

Considerações Preliminares

I. O Peso das Decisões Arquitetônicas

I.a.Introdução I - 1

I.b.Objetivo e objeto da pesquisa I - 2

I.c.Justificativa da pesquisa I - 3

I.d.Metodologia da pesquisa I - 3

I.e.Referências bibliográficas I - 4

II. Energia e Meio Ambiente

II.a.O panorama energético e o meio ambiente II - 1

II.b.Proteção ao meio ambiente II - 5

II.c.Referências bibliográficas II - 8

III. Tecnologia e Racionalidade na Construção Civil

III.a.O projeto de arquitetura e o projeto de componentes da construção III - 1

III.b.Tecnologia e racionalidade na construção civil III - 3

III.c.Qualidade na construção civil III - 7

III.d.Referências bibliográficas III - 12

Arquitetura Ambientalmente Consciente

IV. Construindo a Favor do Meio Ambiente

IV.a.A energia nos edifícios IV - 1

IV.b.A especificação de materiais para construção IV - 3

IV.c.Edifícios Ambientalmente Conscientes IV - 6

IV.d.Referências bibliográficas IV - 13

V. Reciclagem de Resíduos na Construção Civil

V.a.Resíduos sólidos urbanos V - 1

V.b.Resíduos da construção civil e reciclagem V - 2

V.c.Experiências municipais V - 7

V.d.Políticas, parcerias e conscientização V - 11

V.e.Referências bibliográficas V - 12

Sistemas de Vedação Externa: Materiais e Componentes

VI. Os Materiais de Construção

VI.a.Princípios da Ciência dos Materiais VI - 1

VI.b.Dos materiais de construção: energia e meio ambiente VI - 2

VI.c.Referências bibliográficas VI - 7

VII. Vedação Externa e os Edifícios de Escritórios de São Paulo

VII.a.Função: Vedação VII - 1

VII.b.O sistema de vedação dos edifícios de escritórios VII - 2

VII.c.Referências bibliográficas VII - 3

VIII. Os Componentes de Vedação Externa

VIII.a.Componentes de parapeito VIII - 1

VIII.b.Componentes para fechamento móvel e transparente VIII - 8

VIII.c.Componentes para revestimento externo VIII - 14

VIII.d.Referências bibliográficas VIII - 20

Parâmetros Energéticos e Ambientais para a Sustentabilidade dos Edifícios

IX. Produção de Materiais

IX.a.Referências bibliográficas IX - 3

X. Energia nos Edifícios

X.a.Introdução X - 1

X.b.Estudos internacionais X - 3

X.c.Estudos no Brasil X - 8

X.d.Referências bibliográficas X - 13

XI. Conforto Ambiental e Energia

XI.a.Introdução XI - 1

XI.b.Controle térmico XI - 2

XI.c.Controle acústico XI - 5

XI.d.Vidros: controle lumínico e térmico XI - 7

XI.e.Referências bibliográficas XI - 10

Arquitetura de Escritórios: São Paulo e o Exterior

XII. Edifícios de Escritórios em São Paulo

XII.a.Inserção urbana dos edifícios de escritório na cidade de São Paulo XII - 1

XII.b.Edifícios inteligentes XII - 1

XII.c.Referências bibliográficas XII - 9

XIII. Edifícios de Escritórios no Exterior

XIII.a.Sede do Commerzbank XIII - 2

XIII.b.Torre RWE XIII - 8

XIII.c.Referências bibliográficas XIII - 11

Considerações Finais

XIV. Uma Questão de Opção: O Papel dos Agentes Sociais

XIV.a.Referências bibliográficas XIV - 5

XV. Por Uma Arquitetura Sustentável

Bibliografias

XVI. Bibliografia Consultada

XVII. Bibliografia Adicional

Anexos

Anexo 1 - Índices de Consumo Energético

Anexo 2 – Normas Brasileiras

Anexo 3 – Energia Embutida nos Materiais de Construção

Anexo 4 – Condutibilidade Térmica de Materiais de Construção

Anexo 5 – Nível de Ruído para Diferentes Ambientes

Anexo 6 – Recomendações da Agenda 21

PREFÁCIO

A presente dissertação é parte integrante das exigências do curso de pós graduação para mestrado, na área de concentração "Estruturas Ambientais Urbanas", da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia, da Universidade de São Paulo.

A pesquisa **Edifícios de Escritórios: O Conceito de Sustentabilidade nos Sistemas de Vedação Externa** tem a orientação do arquiteto prof. dr. José Luiz Fleury de Oliveira e conta com o apoio da Fapesp – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. O curso de mestrado foi iniciado em março de 1996, como aluna especial, passando a aluna regular em julho de 1996. Nos últimos 4 meses do mestrado, a pesquisa teve a excelente co-orientação do arquiteto prof. dr. Marcelo A. Romero, em virtude da Licença Prêmio do arquiteto Fleury.

Parte das informações aqui apresentadas foram mantidas em sua língua original, visando não perder o verdadeiro sentido de algumas expressões idiomáticas. Entretanto, para a maioria dos dados e tabelas, optou-se pela tradução dos verbetes de modo a facilitar a leitura e o entendimento.

Este trabalho assim como todos os demais realizados ao longo do curso de mestrado, foram concebidos e impressos em papel frente e verso, com diagramação de duas colunas, visando reduzir o desperdício de papel. Já que a pesquisa trata da energia e do meio ambiente relacionados à prática profissional do arquiteto, achou-se por bem aplicar estes conceitos igualmente ao pensamento acadêmico.

A presente dissertação é, portanto, o resultado concreto e final de três anos de trabalho de mestrado. Durante este período, diversas atividades paralelas foram sendo realizadas, sendo de grande importância para a formação da autora e o amadurecimento do mestrado.

Dentro das atividades acadêmicas, foram cursadas as seguintes disciplinas:

◊ AUT-801 Novas Metodologias de Pesquisa Tecnológica na Arquitetura, FAUUSP, prof. dr. Marcelo Romero, 8 créditos, 1º sem. 96.

◊ AUT-806 Obras Urbanas, FAUUSP, prof. dr. Geraldo G. Serra, 8 créditos, 2º sem. 96.

◊ AUP-852 Arquitetura de Terra, FAUUSP, prof. dr. Silvio Sawaya, 9 créditos, 2º sem. 96.

◊ ICA-5707 Avaliação e Controle de Impactos Ambientais, PROCAM-USP, profª. drª. Yara Schaeffer-Novelli, 8 créditos, 1º sem. 97.

◊ PCC-726 Princípios da Ciência dos Materiais Aplicados aos Materiais de Construção Civil, Poli Civil - USP, prof. dr. Vahan Agopyan, 10 créditos, 1º sem. 97.

◊ AUP-855 O Processo do Design, FAUUSP, prof. dr. Carlos Alberto Inácio Alexandre e prof. dr. Rafael Antonio da Cunha Perrone, 9 créditos, 1º sem. 97.

Cumprindo os requisitos da FAU-USP, foram realizados 4 Trabalhos Programados:

◊ TP1: "Tecnologia, Energia e Meio Ambiente";

◊ TP2: "Componentes para Sistemas de Vedação Externa";

◊ TP3: "Parâmetros para Especificação de Componentes de Sistemas de Vedação Externa";

◊ TP4: "Bibliografia Geral".

Além destes requisitos, foram realizadas diversas entrevistas e visitas, tendo grande importância a participação em vários seminários e palestras.

Esta pesquisa sendo financiada pela Fapesp, foi semestralmente acompanhada de relatórios, submetidos a esta instituição para análise. Somando um total de quatro, estes relatórios fornecem um quadro preciso e rigoroso das atividades desenvolvidas no mestrado, com cronogramas e metas. Alguns dos objetivos propostos foram modificados, metas foram readequadas e cronogramas foram alterados, conforme o desenvolvimento da pesquisa e o amadurecimento do conceito de mestrado.

Tanto o desenvolvimento destes relatórios, quanto a elaboração de uma metodologia própria, criando bonecos e cronogramas de atividades, foram uma excelente prática para a compreensão do processo de pesquisa.

As atividades desenvolvidas no mestrado encontram-se melhor descritas no “Memorial para Exame de Qualificação”, apresentado em maio de 1998 à FAU-USP, fazendo hoje parte do acervo da Biblioteca da FAU-Maranhão.

I O PESO DAS DECISÕES ARQUITETÔNICAS

I . a. INTRODUÇÃO

A arquitetura e o urbanismo, como qualquer outra área de estudo do homem, buscam constantemente suprir as necessidades de seu tempo; porém, talvez com respostas menos imediatas. Ainda assim, é constante o questionamento e a auto-avaliação de seu desempenho nos níveis sociais, econômico, tecnológico, cultural, político e ambiental.

No 19º Congresso da União Internacional dos Arquitetos, em Barcelona, em julho de 1996, discutiram-se as influências, sobre as cidades e metrópoles, das mudanças demográficas, higiênico-sanitárias, as novas estratégias de consumo, as tecnologias e a ampliação dos canais de comunicação e transporte.

Semelhantemente, no XX Congresso Pan-americano de Arquitetos, realizado em Brasília, em maio de 1996, discutiram-se questões sobre a produção da arquitetura na América Latina, conscientes que estamos, os arquitetos, da necessidade de nos adaptarmos às novas tendências.

Aliado a estes encontros, a Conferência sobre Assentamentos Humanos – HABITAT II – realizada em Istambul, em junho de 1996 discutiu o desenvolvimento sustentável e os assentamentos humanos, que culminou na Agenda Habitat, melhor descrita no capítulo II.

A história da humanidade é marcada por fatos e acontecimentos que deram novos rumos à civilização como, por exemplo, a invenção da escrita e a revolução industrial, por citar apenas alguns. Mais recentemente, todo o planeta vive um momento de maior consciência ecológica, aliado a um fluxo crescente da informação e da inovação nos meios de comunicação.

> A atividade econômica está cada vez mais associada à criação, processamento e transmissão de informação, indo ao encontro do que muitos já denominaram de sociedade de informação. A base para essa evolução evidentemente é a indústria eletrônica, a qual está cada vez mais baseada em componentes derivados da microeletrônica.
>
> …O que caracteriza essa sociedade do conhecimento é que ela se desenvolve em torno da produção de informação, ou seja, a informação está no centro das necessidades econômicas. Isto significa que a atual estrutura da maioria das sociedades modernas baseada na produção de mercadorias, energia e serviços passará a ser baseada principalmente na produção de informações… Segundo Yoneji Masuda (*A Sociedade da Informação*, Ed. Rio, 1982), tudo indica que futuramente as atividades ligadas à informação se desenvolvam bem mais que as outras indústrias, ou mesmo que o setor de serviços, e por isso coloca como inevitável o surgimento do *setor quaternário* da economia, que seria o setor da informação. (OLIVEIRA, 1982,p.141, citado por AMARAL, 1995, item 4.8)

Infelizmente, a indústria da construção civil brasileira reage muito lentamente a essas transformações e pouco evolui tecnologicamente. Sem embargo, podemos notar alguns esforços e

experiências que fazem a exceção à regra, como alguns dos edifícios apresentados nesta dissertação.

Na era da reciclagem e dos *byts*, continuamos a erguer nossos edifícios num método quase artesanal; permanecemos despreocupados com os danos e as agressões causadas ao meio-ambiente, pela extração das matérias-primas, continuamos desatentos ao desperdício dos materiais e à energia utilizada em todo o processo construtivo.

No Brasil, a arquitetura de edifícios comerciais tem sofrido grande influência da avalanche de informações e tecnologias disponíveis hoje em dia, e tem se mostrado a mais rápida em absorvê-las, diferentemente da arquitetura residencial e industrial. Aos poucos, os processos construtivos perdem seu caráter artesanal, passando a ser pré-industrializados.

Urge, ao processo de construção civil, simplificar as atividades dentro do canteiro de obras, para que este se transforme em local de montagem e não de fabricação artesanal. O conceito de obra limpa e o fornecimento *just in time* geram a redução dos desperdícios de material, a redução de custos dos componentes e da mão-de-obra, maior rapidez na execução da obra, maior precisão e qualidade na construção, e melhor controle operacional e financeiro.

I . b. OBJETIVO E OBJETO DA PESQUISA

A dissertação tem o objetivo de discutir a especificação de componentes da construção civil, para seu uso na vedação externa de edifícios de escritórios de grande altura, com tipologia de "torre", da cidade de São Paulo, segundo parâmetros energéticos e ambientais, dentro do contexto de desenvolvimento sustentável.

O sistema a ser analisado é constituído de três componentes:

- ◊ Anteparo fixo e opaco, com a altura de peitoril;
- ◊ Revestimento externo;
- ◊ Anteparo móvel e transparente, capaz de permitir a iluminação e a ventilação natural, e a possibilidade de vistas para o exterior, desde a linha de peitoril até o teto ou forro.

Vê-se que a pesquisa adota a construção pré-fabricada de componentes, diminuindo o número de tarefas artesanais em obra.

Os materiais dos componentes analisados são:

- ◊ Blocos cerâmicos e de concreto para o peitoril;
- ◊ Placas de alumínio, vidro laminado e rochas ornamentais como revestimento externo;
- ◊ Vidros laminados para o fechamento móvel e transparente.

A pesquisa buscou subsídios em diversas fontes e áreas do conhecimento, buscando dar um panorâma abrangente e bem embasado, para então abordar a questão central: o peso das decisões arquitetônicas na produção do ambiente construído, com relação às variáveis energéticas e ambientais.

Aqui os edifícios são considerados em toda a sua vida útil, desde o projeto, a fabricação dos componentes, a produção dos edifícios, sua utilização e reciclagem/demolição. Entretanto, houve uma preocupação maior quanto à fabricação dos componentes, sua energia embutida e os danos ambientais que tais atividades causam, em detrimento da pouca atenção que se dá, entre os arquitetos, a esta etapa do edifício. Inúmeros estudos existem quanto ao consumo energético dos edifícios na sua utilização, mas pouco se fala das implicações dos seus materiais e componentes, na etapa de produção.

Não obstante, são apresentados edifícios conscientes do ponto de vista climático e energético, que buscam respeitar o meio ambiente, seja pelos materiais utilizados, seja pelos dispositivos e mecanismos empregados de modo a favorecer o esgotamento das formas passivas e naturais de energia, antes das formas ativas e mecânicas.

I . c. JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Quando o arquiteto traça no papel uma linha que representa um limite espacial, esse limite significa o emprego de um vedo. A sua própria condição de existência pressupõe que este elemento da construção civil, seja feito de um determinado material. Este material lhe incute, por conseqüência, determinadas características estéticas, mecânicas e físicas, bem como determina a maneira como será manipulado, desde o seu beneficiamento, passando pela sua instalação e manutenção, até o seu descarte ou reciclagem.

Até recentemente, os aspectos que determinavam a escolha de um determinado componente, limitavam-se à estética, à durabilidade, ao custo, à facilidade de instalação e manutenção, e quanto muito, ao desempenho referente ao conforto ambiental. Atualmente, devido às transformações porque passa o nosso planeta e a nossa sociedade, impera que também se levem em consideração outras variáveis de maior magnitude, adotando uma postura ambiental sadia. Assim, as variáveis que devem ser incluídas no processo de escolha e determinação de um elemento da construção civil, são:

- ◊ o consumo energético que corresponde a esse elemento, desde a extração de sua matéria-prima, sua produção, utilização e reciclagem;
- ◊ os impactos ambientais que tal material possa causar, seja pela extração de sua matéria-prima, seja pelo modo de fabricação empregado na produção dos elementos, seja pela inviabilidade de reciclagem e conseqüente descarte.

Entretanto, por mais evidente que isto possa parecer nos dias atuais, estes aspectos não são mencionados pelos fabricantes e os dados dificilmente encontram-se disponíveis.

Optou-se por vedos externos de edifícios de escritórios, construídos na cidade de São Paulo. Edifícios de escritórios, por ser o segundo setor em área construída, depois do setor de habitação e por representar o maior consumo de energia elétrica por setor, como se vê na tabela. O município de São Paulo, pelo local de moradia e estudo da autora, e devido à sua vocação como ponto de introdução de inovações tecnológicas. Vedos externos, pela sua importância estética, comercial, de proteção e limite interno/externo, de condicionante de conforto térmico, acústico e lumínico, e também de área de recobrimento (grandes quantidades de material e mão-de-obra empregada).

Consumo de Energia Elétrica por Setor, Relativo ao Consumo Total de Energia no Brasil (1997)	
Comercial	9,8 %
Residencial	7,3 %
Industrial	4,6 %
Total	6,4 %

Tabela I.1 - Consumo de Energia Elétrica

Fonte: MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 1998.

O assunto da pesquisa é de grande valia no sentido de colocar, o setor da construção civil, a iniciativa privada e os órgão públicos, a par dos gastos energéticos dos processos atuais de fabricação de materiais de construção e dos danos que esses processos geram ao ecossistema. É preciso termos consciência dos destinos a que as políticas atuais

estão nos levando. Urge criarmos uma arquitetura eco-consciente.

A carência de publicações e informações que se observa, a respeito desta temática aplicada à arquitetura, é imensa e ainda maiores são as variáveis que se tem de atender para se atingir uma boa atuação com consciência ambiental. De modo que esta dissertação, não se aprofunda em nenhuma destas variáveis, tratando-as superficialmente, já que se trata de um problema macro. Entretanto, a contribuição que se busca dar é de um texto fundamentado em diversas pesquisas e publicações, que mostram o tamanho do problema de se resolver um edifício, mais especificamente, a sua vedação externa, e todas as implicações econômicas, ambientais e práticas que uma determinada vedação acarreta. Ou seja, o peso que o traço do arquiteto tem.

I . d. METODOLOGIA DA PESQUISA

Para o desenvolvimento da pesquisa foram coletados dados secundários, que foram analisados e organizados de modo a cobrir os diferentes aspectos propostos nos objetivos. Feito isto, passou-se à redação e edição do texto dos Trabalhos Programados, descritos no Prefácio desta dissertação.

Os dados secundários utilizados para fundamentar todo o trabalho provêm, em sua maioria, de publicações de pesquisadores com reconhecimento nacional e internacional e instituições consolidadas; para isto foi realizada uma vasta pesquisa bibliográfica. Inicialmente, recorreu-se aos fichários das bibliotecas da USP, em especial da FAU e da Poli-Civil, a seguir utilizou-se a Internet, para acessar o Sistema de Bibliotecas Integradas (SiBI) da USP, a base de dados de publicações das Nações Unidas, a biblioteca do Congresso dos Estados Unidos e algumas universidades americanas e nacionais, também foi utilizado o Art Index, disponível em CD-Rom. Grande parte dos títulos passíveis de aquisição ou empréstimo foram então analisados e catalogados para posterior utilização nos Trabalhos Programados.

Estes títulos bibliográficos foram sendo armazenados digitalmente para posterior compilação, formando a Bibliografia Geral desta dissertação.

Além destes dados bibliográficos, recorreu-se a diversas visitas, entrevistas, palestras e seminários, que em sua maioria, serviram para ampliar os conhecimentos gerais sobre a temática abordada, bem como para amadurecer os conceitos do mestrado.

Para a redação da dissertação foram utilizados os Trabalhos Programados, bem como algumas informações adicionais coletadas posteriormente, além das contribuições e colocações feitas pela banca examinadora, no exame de qualificação.

I . e. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, Claudio Silveira. Escritório: o Espaço de Produção Administrativa em São Paulo. São Paulo, 1995. Dissertação de mestrado. FAUUSP.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional 1997. Brasília, 1998.

OLIVEIRA, F. A. *O Estado e o Urbano no Brasil*. Espaço e Debate. São Paulo, 1982.

II ENERGIA E MEIO AMBIENTE

II . a. O PANORAMA ENERGÉTICO E O MEIO AMBIENTE

Seja a lenha necessária para aquecer ou cozinhar em uma sociedade simples de vilarejo, ou a grande variedade de combustíveis de uma nação industrializada, com seus complexos sistemas de produção e distribuição, a existência de uma civilização é impossível sem um adequado suprimento de energia. Nas sociedades industrializadas, a situação é bem mais complicada, devido à competição entre o uso de combustíveis fósseis como fonte de energia, e sua função vital como matéria-prima para as indústrias petroquímicas, que produzem plásticos, fertilizantes, ração animal, farmacêuticos, e gases industriais. Portanto, a questão energética tem implicações em toda a sociedade moderna.

A tecnologia tem por base a energia, pois é esta que possibilita a transformação de matéria-prima, de acordo com os objetivos de uma determinada sociedade.

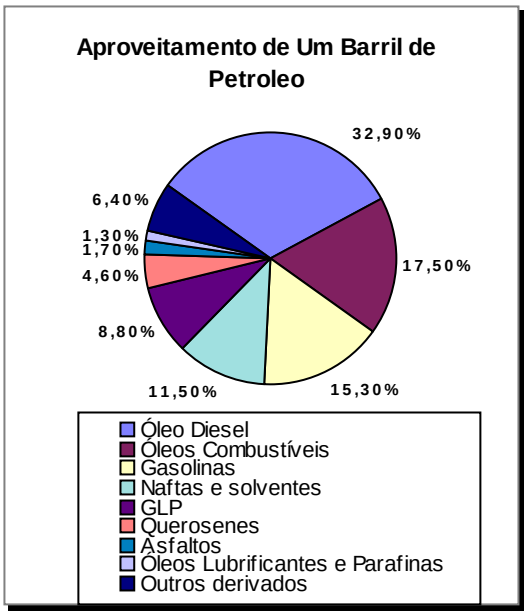


Gráfico II.1 - Aproveitamento de um Barril Petróleo

Fonte: PETROBRÁS, 1993, p. 5.

Figura II.1 - Unidades de Refino da PETROBRÁS

Fonte: PETROBRÁS, 1993, p. 6.

A palavra energia provem do Grego, significando força, vigor, firmeza. Por definição, segundo a física clássica, energia é a capacidade de realizar trabalho. A energia não pode ser criada, nem

Unidades de Refino da PETROBRÁS

		Localização	Capacidade (Barris/dia)
1	Refinaria de Paulínia (REPLAN)	Paulínia-SP	301.920
2	Refinaria Duque de Caxias (REDUC)	Duque de Caxias-RJ	247.826
3	Refinaria Henrique Lage (REVAP)	S.J. dos Campos-SP	226.440
4	Refinaria Presidente Bernardes (RPBC)	Cubatão- SP	176.120
5	Refinaria Getúlio Vargas (REPAR)	Araucária-PR	150.960
6	Refinaria Gabriel Passos (REGAP)	Betim-MG	150.960
7	Refinaria Landulpho Alves (RLAM)	Mataripe-BA	140.267
8	Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP)	Canoas-RS	75.480
9	Refinaria de Capuava (RECAP)	Capuava-SP	34.595
10	Refinaria de Manaus (REMAN)	Manaus-AM	11.322
11	Fábrica de Asfalto (ASFOR)	Fortaleza-CE	6.856
	Capacidade Total de Refino		1.522.746

Quadro II.1 - Unidades de Refino da PETROBRÁS

Fonte: PETROBRÁS, 1993, p. 6.

destruída, mas somente transformada, de acordo com a primeira lei da termodinâmica. Ela pode passar de energia potencial, a cinética ou calórica e vice-versa, de modo que a energia total do sistema permanece sempre constante.

A fonte de energia natural da Terra é o Sol. A radiação do sol é convertida em calor quando absorvida, ou pode ser convertida diretamente em energia elétrica, pelas fotocélulas de um painel solar. A fotosíntese transforma a radiação solar em energia química. Portanto, a energia contida em combustíveis fósseis é, em última análise, proveniente da energia solar, já que tais combustíveis, um dia foram plantas fotosintetizadoras.

Pela segunda lei da termodinâmica, a entropia aumenta num sistema fechado, isto significa que a desordem de um sistema, sempre aumenta. Entropia, do Grego, significa "evolução". Isto se deve às perdas de calor do sistema, reduzindo a energia possível de ser transformada em trabalho. Em última instância, para se manter um sistema com entropia igual a zero, é necessário que se lhe seja acrescentada energia constantemente. Na natureza, a entropia do universo está aumentando, por conseguinte a energia disponível às nossas necessidades está diminuindo.

A Demanda Energética e Suas Implicações

Os suprimentos de petróleo são finitos e tem sido consumidos com uma velocidade avassaladora. Cerca de metade da energia consumida no mundo provem de petróleo e gás natural (PETROBRRÁS, 1991, p. 2). Soma-se a isto, uma população mundial em franco crescimento, o que implica no aumento da demanda energética, aliada às pressões econômicas e industriais pelo "desenvolvimento". Somos hoje 5,5 bilhões de pessoas e a população no mundo dobra a cada 40 anos, a uma velocidade de 1,7% ao ano.

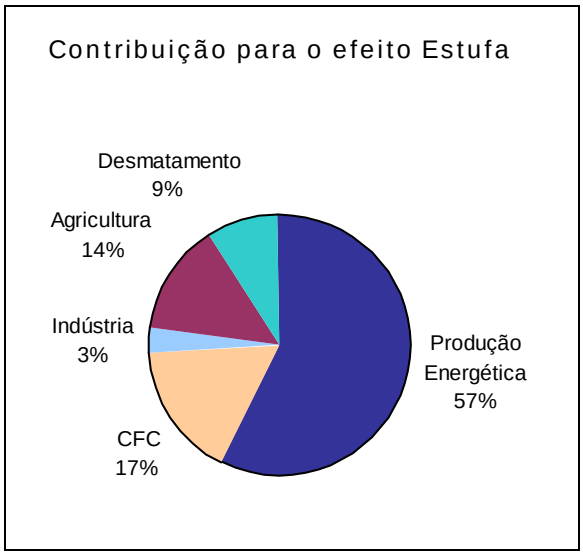


Gráfico II.2 *- Contribuições para o Efeito Estufa - Aquecimento Global*

Fonte : GOLDEMBERG, 1995

Esses fatos levam-nos a pensar em fontes de energia renováveis: aquelas que se reconstituem naturalmente, num curto período de tempo. Fontes renováveis são por exemplo, a energia geotérmica, a hidroelétrica, a térmica dos oceanos, a solar, a energia das marés, a eólica, a biomassa (álcoois,

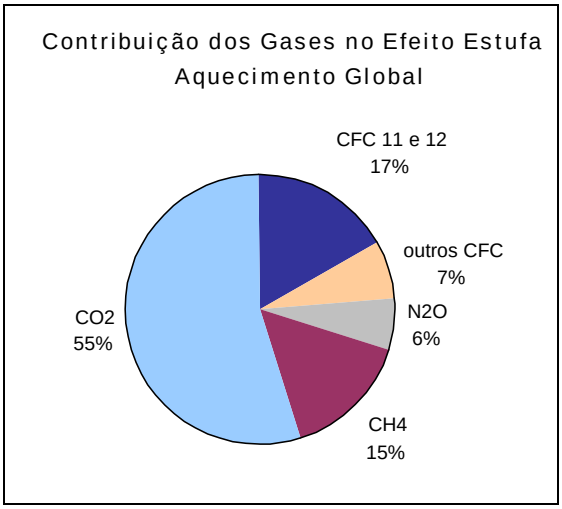


Gráfico II.3 *- Contribuição dos Gases no Efeito Estufa - Aquecimento Global*

Fonte : GOLDEMBERG, 1995

óleos ou gases extraídos de plantas e utilizados para queima) e a madeira.

Frente à crise energética mundial, é preciso repensar os processos construtivos, e incluir as considerações energéticas e ambientais em nossa sistemática, pensando qual a linguagem que essa nova arquitetura deverá assumir. É tempo de se criar uma arquitetura mais econômica, bem como mais coerente e humana.

Por outro lado, a geração de energia é o principal elemento de degradação ambiental dentre os agentes poluidores. Nordhaus (1991, citado por Zylbersztajn, 1992) afirma que 76% das emissões, a longo prazo, de CO_2, óxidos de nitrogênio e metano, a produção e o uso de energia, são responsáveis pelo efeito estufa.

Se a estes dados acrescentarmos os danos causados pelas inundações decorrentes das hidroelétricas, as chuvas ácidas das emissões de óxidos de enxofre e de nitrogênio, e os acidentes em minas e plataformas, oleodutos e gasodutos, petroleiros, centrais nucleares, barragens e outras plantas energéticas, teremos um quadro negro e assustador da destruição da natureza e do equilíbrio.

Produção de Petróleo no Brasil (%)	
Rio de Janeiro	63,0
Rio Grande do Norte	12,5
Bahia	11,0
Sergipe	7,0
Ceará	3,0
Espírito Santo	2,0
Alagoas	1,0
Paraná *	0,5
* Incluindo 50% de participação do petróleo extraído do xisto	
Obs. Do total da produção de petróleo, 70% são produzidos no mar e 30% em terra.	

Tabela II.1 -Produção de Petróleo no Brasil

Fonte: PETROBRÁS, 1993, p. 4.

Esses números são gradativamente mais significativos quanto mais desenvolvido o país é. No Brasil, esses valores são ainda baixos, já que

Total - Consumo Acumulado até Julho - GWh

	Anos					
Discriminação	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**98 a 94**
Capital	**17.877**	**19.428**	**19.449**	**20.109**	**20.174**	
Var. %	-	8,7	0,11	3,4	0,3	12,8
Acréscimo	-	1.551	21	660	65	2.297
Interior	**26.920**	**29.017**	**28.975**	**31.496**	**32.613**	
Var. %	-	7,8	(0,14)	8,7	3,5	21,1
A(De)créscimo	-	2.097	(42)	2.521	1.117	5.693
Total	**44.797**	**48.445**	**48.424**	**51.605**	**52.787**	
Var. %	2,7	8,1	(0,04)	6,6	2,3	17,8
A(De)créscimo	1.190	3.648	(21)	3.181	1.182	7.990

Tabela II.2- Consumo de energia total em GWh – Estado de São Paulo

Fonte: GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGIA. 1998.

Classe Comercial - Consumo Acumulado até Julho - GWh

Discriminação	Anos 1994	1995	1996	1997	1998	98 a 94
Capital	**3.331**	**3.709**	**4.053**	**4.307**	**4.626**	
Var. %	-	11,3	9,3	6,3	7,4	38,9
Acréscimo	-	378	344	254	319	1.295
Interior	**2.398**	**2.692**	**2.969**	**3.235**	**3.604**	
Var. %	-	12,3	10,3	9,0	11,4	50,3
Acréscimo	-	294	277	266	369	1.206
Total	**5.729**	**6.401**	**7.022**	**7.542**	**8.230**	
Var. %	5,6	11,7	9,7	7,4	9,1	43,7
Acréscimo	303	672	621	520	688	2.501

Tabela II.3- Consumo de energia em GWh do setor comercial – Estado de São Paulo

Fonte: GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGIA. 1998.

90% da energia provem de usinas hidroelétricas, que não lançam poluentes atmosféricos. Segundo Zylbersztajn, (1992) estima-se que cerca de 20% das emissões de CO_2 sejam devidos à produção e ao uso de energia, sendo os 80% restantes provocados pelos desmatamentos.

De acordo com o Balanço Energético Nacional, em 1990, o petróleo representava 32,7% do consumo final, a eletricidade 37,2% (dos quais 92% são de origem hidráulica), a lenha 8,9%, o bagaço de cana 6,8%, o carvão mineral 3,4% e o gás natural 1,9%.

No Brasil, em 1984, a eletricidade era a principal fonte de energia na indústria (48,2%), seguida pelos óleos combustíveis (10,6%) e pelo carvão vegetal (9%). (TERADA, 1985, p. 72) O consumo energético total no setor industrial atingiu 52 milhões de TEP (tonelada equivalentes de petróleo).

O setor industrial é responsável pela maior porção de consumo final, por setor no Brasil. Em média, este consumiu, no período de 1975 a 1985, 37% de toda a energia consumida no país. Somados, o setor industrial e o de transportes, representam mais da metade do consumo energético total do país. (TERADA, 1985, p. 70)

O Balanço Energético Nacional de 1990 mostra que o setor industrial foi responsável por 38,5% do consumo energético total, os transportes 19,4%, o setor residencial 16,4%, o setor energético 7,9% e o setor comercial e público juntos, 7,6%. Nas últimas décadas, a demanda no setor residencial tem diminuído em virtude da substituição de fontes de baixa eficiência (lenha) para outras mais eficientes (eletricidade, gás) e também devido aos programas de educação de economia de energia do governo.

Romero (1991, p. 6) fala em 59% da demanda energética, no estado de São Paulo, para o setor industrial, 11% para os setores de serviços e comércio, 21% para o setor residencial, e 8% para "outros".

Já segundo o Balanço Energético Nacional de 1996, metade do consumo energético é devido à indústria, 25% devido às residências, sendo o restante repartido quase que igualmente entre os setores público e comercial. Considerando-se a área construída destas edificações, o setor

comercial é responsável pelo maior consumo relativo, em torno dos 10 Kwh/m^2 por mês em média. O setor também possui a maior velocidade de crescimento do consumo. (MACÊDO FILHO, 1998)

O setor comercial, com uma evolução constante de seu desempenho nos últimos quatro anos, possui uma participação de 15,6% na estrutura do mercado total. (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGIA. 1998.)

No entanto, o setor comercial oferece o melhor potencial de conservação de energia, já que, na maioria dos casos, 70% da energia consumida, , se deve à iluminação e aos sistemas de condicionamento de ar, fatores intimamente ligados à arquitetura. Portanto, arquitetos, engenheiros e construtores assumem o importante papel de buscar soluções para diminuir a demanda energética dos edifícios, sem que isso implique na redução qualitativa de suas instalações, do conforto e da funcionalidade.

O Anexo 1 mostra dados (CESP, 1998) de consumo energético do Brasil, por região, por estado e por município do estado de São Paulo, com relação aos diferentes setores, para o ano de 1997.

II . b. PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE

A atividade humana produz na natureza impactos menores ou maiores, alguns dos quais a natureza consegue se recuperar com certa velocidade, outros não. A resolução CONAMA 001/96 define "impacto ambiental", como sendo:

> Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que diretamente ou indiretamente afetem:
>
> ◊ a saúde, a segurança e o bem estar da população;
>
> ◊ as atividades sociais e econômicas;
>
> ◊ as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
>
> ◊ a qualidade dos recursos ambientais.

Assim sendo, um ambiente pode estar em diversos estados, dependendo do grau de transformação e deterioração em que se encontra:

◊ natural: quando intocado, ou conservado;

◊ alterado: quando sofreu algum tipo de transformação, tendo porém condições de ser recuperado, se a ação perturbadora for retirada;

◊ degradado: quando o equilíbrio natural foi de tal forma afetado, que já não existem chances de recuperação sem que sejam realizadas ações de restauro, por parte do homem;

◊ recomposto: quando a própria natureza, sem intervenção humana, recupera o ambiente, atingindo um novo equilíbrio;

◊ recuperado: quando por meio de ações humanas de restauro, é restabelecido um novo estado de equilíbrio.

Para valorar a subjetividade destes aspectos ambientais, foram criados padrões e modelos de quantificação dos impactos causados e toda uma legislação que estabelece formas de controle e parâmetros de aceitação. Um dos instrumentos mais importantes no controle de novos empreendimentos é o chamado EIA/RIMA - Estudo de Impacto Ambiental/ Relatório de Impacto ao Meio Ambiente, que tem por objetivos:

◊ descrever as características do empreendimento;

- definir a área de influência ou raio de ação do empreendimento, propondo, ainda, uma alternativa locacional;
- fornecer um diagnóstico ambiental da situação da área atual;
- prever os impactos causados por tal empreendimento;
- propor medidas mitigadoras para os impactos causados.

A importância do EIA/RIMA está em servir como instrumento de: ajuda e decisão ao empreendedor e aos órgãos de controle; concepção do projeto e planejamento; negociação social; e gestão ambiental. Em suma, o que se quer saber é quanto vale um determinado recurso natural e se é possível lhe atribuir um preço que pague pela sua recuperação posterior ou recriação, mesmo que seja segundo outros modelos. Entretanto, pouco a pouco, a sociedade se conscientiza de que há riquezas impagáveis e impossíveis de serem recriadas, e que mais vale conservar aquele ambiente, implantando o empreendimento em outro sítio, ou abdicando-o.

O Comitê Mundial para o Desenvolvimento e Meio Ambiente definiu, em 1987, que **desenvolvimento sustentável** significa **suprir as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das próximas gerações suprirem as necessidades de seu tempo** (MACKENZIE, 1991, p. 10). Isto significa que é preciso incorporar no planejamento não apenas os fatores econômicos, mas também as variáveis sociais e ambientais, considerando as conseqüências das ações a longo-prazo, bem como os resultados a curto prazo.

Para a indústria, as implicações do desenvolvimento sustentável significam considerar os investimentos mais a longo-prazo e incluir os custos externos das atividades. Este é um enfoque um tanto quanto difícil para os interesses financeiros de curto prazo.

A empresa multinacional 3M vem adotando uma política de detecção de poluição no processo de fabricação, ao invés de lidar com ela depois de gerada. O programa incita os indivíduos ou grupos de empregados, a identificar maneiras de prevenir a poluição modificando os processos de produção, desenvolvendo melhores produtos, redesenhando os equipamentos e encontrando novas formas de utilização de resíduos. O programa conseguiu gerar grandes economias, além de evitar a geração de grandes quantidades de poluição. (MACKENZIE, 1991, p. 15)

Na Holanda, o Plano Nacional Ambiental é um plano amplamente abrangente que re-orienta a economia do país para os próximos 20 anos. Ele frisa a redução drástica da poluição, e coloca objetivos específicos para o ano 2.000, tais como:

- 55% de todo o esgoto deve ser reaproveitado, e 10% prevenido;
- deve haver uma redução de 50% em pesticidas;
- deve-se reduzir o consumo de energia para aquecimento de edificações em 25%.

O plano ainda ressalta que deve se preferir o transporte público ao privado, que os fabricantes podem ser obrigados a receber de volta produtos utilizados e que aos produtores será exigido pagarem pelos danos ambientais causados por seus produtos. (MACKENZIE, 1991, p. 15)

Cada vez há mais legislação ambiental sendo aplicada. Apesar dela variar de país a país, alguns princípios comuns já foram introduzidos na Europa, América do Norte e Austrália:

- o poluidor paga;
- o produtor é responsável pelo descarte de seus dejetos;
- o público deve ter acesso às informações das empresas, quanto ao seu comportamento ambiental.

Na Alemanha a empresa de automóveis BMW, já desenvolveu um veículo em alumínio reciclável, de modo que quando o usuário deseja comprar um novo automóvel, o anterior entra como parte da troca e passa pelo processo de reciclagem.

Figura II.4 –Selo "Anjo Azul"
Fonte: MACKENZIE, 1991, p. 19.

Outro bom exemplo de design são as lâmpadas fluorescentes compactas, que duram até 8 vezes mais que as incandescentes e usam cerca de 80% menos energia para produzir a mesma luz. Trocando uma lâmpada incandescente de 75W, por uma fluorescente compacta de 18W, vai se evitar, ao longo da vida-útil da incandescente, a emissão do equivalente a 454 kg de dióxido de carbono e cerca de 9 kg de dióxido de enxofre de uma usina geradora de energia elétrica. (MACKENZIE, 1991, p. 19)

O interesse dos consumidores quanto ao desempenho ambiental dos produtos industrializados, levou alguns países a adotarem selos ecológicos oficiais, no sentido de ajudar os consumidores a fazer a escolha certa. Na Alemanha, o selo do "anjo azul" foi adotado em 1978, e cobre hoje, mais de 3.000 produtos. Também no Canadá e no Japão foram adotados conceitos semelhantes. Na Europa, estuda-se uma maneira de unificar esse tipo de controle. No Brasil, a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - está atualmente desenvolvendo as normas de rotulagem ambiental.

A União Internacional dos Arquitetos adotou, em 1993, juntamente com o Instituto dos Arquitetos dos Estados Unidos, a "Declaração de Interdependência para um Futuro Sustentável", que coloca a sustentabilidade social e ambiental como sendo o centro da responsabilidade profissional.

Alguns documentos como a ISO 14000 e a Agenda Habitat são de fundamental importância, no sentido de fornecer diretrizes e instrumentos para o melhor desenvolvimento dos recursos econômicos e sociais, com o adequado respeito ao meio ambiente, ou seja, o desenvolvimento sustentável.

A ISO 14000 é uma família de normas definidas pelo *International Organization for Standardization* – ISO – que trata da gestão ambiental. Esta família nasceu com o intuito de dar suporte ao chamado "desenvolvimento sustentável", discutido na Eco'92 – *United Nations Conference on Environment and Development*, no Rio de Janeiro. A ISO 14000 é uma ferramenta para sistemas de gestão ambiental, capaz de ser aplicada em empresas de qualquer porte ou finalidade, de modo a permitir o controle do impacto de suas atividades, produtos e serviços ao meio ambiente.

Esta família de normas pretende cobrir desde sistemas de gestão ambiental, auditorias, selos ambientais, avaliação de ciclo de vida, manejo de florestas e reservas, a termos e definições. Sendo que a aplicação de tais normas resulta em redução de custo no gerenciamento de resíduos, economias no consumo de energia e materiais, redução nos custos de distribuição, melhoria da imagem

corporativa perante consumidores e órgãos reguladores, diretrizes para uma melhoria contínua do desempenho ambiental.

As normas são numeradas uma a uma (ex.: 14001, 14002), sendo agrupadas por temáticas de dez em dez. Devido à complexidade do tema, apenas em torno de uma dezena de normas foram publicadas, estando as demais freqüentemente sujeitas a prorrogações em seus cronogramas. A sua numeração possui uma correlação numérica e temática com a família ISO 9000, de modo a facilitar os trabalhos. Na tabela a seguir são enumeradas algumas das normas publicadas.

ISO	Description
14001	Environmental Management Systems – Specification with guidance for use
14004	Environmental Management Systems – General guidelines on principles, systems and supporting techniques
14010	Guidelines for environmental auditing – General principles
14011	Guidelines for environmental auditing – Audit procedures – Auditing of environmental management systems
14012	Guidelines for environmental auditing – Qualification criteria for environmental auditors
14020	Environmental labels and declarations – General principles
14021	Environmental labels and declarations – Self-declared environmental claims
14024	Environmental labels and declarations – Type I environmental labelling – Guiding principles and procedures
14031	Environmental management – Environmental performance evaluation - Guidelines
14040	Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework
14041	Environmental management – Life cycle assessment – Goal and scope definition and inventory analysis
14050	Environmental management – Vocabulary

Tabela II.4 - Normas ISO 14000 publicadas

Fonte: ISO, 7/1998.

A Conferência sobre Assentamentos Humanos – HABITAT II – realizada em Istambul, em junho de 1996, teve como enfoques principais dois temas de importância global: moradia adequada para todos e desenvolvimento sustentável de assentamentos humanos num mundo em urbanização. O encontro gerou, como documento, a Agenda Habitat, que é um chamado mundial para ações em todos os níveis. O documento enquadra uma série de objetivos, princípios e compromissos, dando uma visão positiva de assentamentos humanos sustentáveis, de modo que todos tenham moradia adequada, num ambiente seguro e sadio, com serviços básicos, empregos produtivos e escolhidos livremente. A Agenda Habitat se propõe a guiar todos os esforços para tornar esta visão em realidade.

A estrutura do documento é basicamente constituída de duas partes. Primeiramente são enumerados os compromissos e objetivos, a seguir são elencadas ações e estratégias para tornar reais as premissas.

Está prevista para 2002, a promulgação da Carta da Terra, pela ONU. O documento deverá ser uma espécie de código de ética planetário, semelhante à Declaração Universal dos Direitos Humanos, no que diz respeito à sustentabilidade, equidade e justiça. Ao que tudo indica, "a humanidade poderá vir a desacelerar o crescimento econômico mundial, reduzir a competitividade (contendo o consumo e domesticando a produção) e reformular o atual conceito de Produto Interno Bruto para evitar o esgotamento dos recursos naturais e o colapso da civilização." (*Modelo Econômico Põe…*, 2/11/98.)

II . c. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CESP - Companhia Energética de São Paulo. Anuário Estatístico de Energia Elétrica e Gás Canalizado - Estado de São Paulo, 1997. CESP, 1998.

GOLDEMBERG, José. Energy , Enviroment and Development. International Academy of the Enviroment. Geneva, Suíça, 1995.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGIA. Boletim Conjuntura Energia. V.3 N 07. São Paulo, Julho 1998.

GROLIER ELECTRONIC PUBLISHING. The 1995 Grolier Multimedia Encyclopedia. Versão 7.05 (CD-Rom), 1995.

ISO - International Organization for Standardization. Consulta no site da Internet http://www.iso.ch

MACÊDO FILHO, Antonio; CASTRO NETO, Jayme Spinola. *Otimização Enegética em Edifícios de Escritórios através da Reabilitação Tecnológica*. In: NUTAU'98 - Arquitetura e Urbanismo: Tecnologias para o Século XXI. FAU-USP, de 8 a 11 de setembro de 1998. Anais. FAU-USP, 1998.

MACKENZIE, Dorothy. Design For The Environment. New York: Rizzoli, 1991.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional 1990. Brasília, 1991.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional 1996. Brasília, 1997.

Modelo Econômico Põe em Risco Futuro da Sociedade. O Estado de São Paulo, 2/11/98.

NORDHAUS, W. D. *Economics Approaches to Greenhouse Warming*. In: DORNBUSH, R., POTERBA J. M. (edit.), Global Warming: Economic Policy Responses. The MIT Press, Cambridge, 1991. (Citado por: ZYLBERSZTAJN, David. *Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento no Brasil*. In: MENEZES, L. C. org., Terra Gasta: a Questão do Meio Ambiente. São Paulo, EDUC, 1992.)

PETROBRÁS, REVAP - Refinaria Henrique Lage. 1990- 10º Ano de Produção. São José dos Campos, /s.n./, 1991.

PETROBRÁS. Conheça a Petrobrás. /s.l./s.n./1993.

ROMERO, Marcelo de Andrade. *Conservação de Energia e o Projeto de Arquitetura: uma Análise Geral*. Sinopses nº 16, p. 5-9. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, dez 91.

TERADA, Oscar Akihiko. *Conservação de Energia na Indústria*. In: SEMINÁRIO INTRODUÇÃO DE TECNOLOGIAS ENERGÉTICAS NO BRASIL ATÉ O ANO 2000, 1988, Montevideo. Anais. V. 2, p. 67-97.

UNCHS – United Nations Conference on Human Settlements. The Habitat Agenda. UNCHS, 1996.

UNCHS – United Nations Conference on Human Settlements. Report of the United Nations Conference on Human Settlements (HABITAT II). Istambul, 3 a 14 de junho de 1996. Preliminary version. UNCHS, out. 1996.

ZYLBERSZTAJN, David. *Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento no Brasil*. In: MENEZES, L. C. org., Terra Gasta: a Questão do Meio Ambiente. São Paulo, EDUC, 1992.

III TECNOLOGIA E RACIONALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

III . a. O PROJETO DE ARQUITETURA E O PROJETO DE COMPONENTES DA CONSTRUÇÃO

No processo de projeto, o arquiteto, conhecendo a tecnologia disponível, tem melhores condições de fazer um projeto adequado à realidade tecnológica. Por isso, a tecnologia na arquitetura não pode ser entendida somente como "técnica de construção", isto é, como a "superposição instrumental a um momento de concepção do espaço". A tecnologia é parte integrante do processo criativo e projetual na arquitetura, e não apenas "um elo entre os dois momentos da arquitetura - o projeto e a construção". (VIANNA, 1989, p. 55)

> A marca do enfoque tecnológico se torna assim a pesquisa de uma dimensão da arquitetura não mais coincidente só com as medidas físicas da construção, mas com o conjunto das operações programáveis para se construir uma outra natureza, alternativa àquela tradicional, correspondente ao mundo físico conhecido. (VITTORIA, 1978, p. 22; citado por VIANNA, 1989, p. 55)

Se o processo projetual trata de criar um espaço imaginário, ainda não construído, este processo lida com dois momentos: o da idealização e o da execução. Esta não é uma relação de causa-efeito, mas é um momento interativo, de dependência e influência recíprocas. (VIANNA, 1989, p. 55)

Então, que dizer do processo projetual dos componentes da construção civil. Certamente, envolve arquitetos e designers que idealizam uma parte de um todo. É necessário considerar diversas variáveis como mercado, produção, composição e modulação, estética, durabilidade, desempenho, manutenção, transporte, montagem, custo, energia e meio-ambiente.

Alexandre e Perrone (1997) assim definiram os termos a seguir. O "desenho industrial" é a área do conhecimento em que atuam profissionais que objetivam desenvolver "projetos de objetos", de modo que estes sejam produzidos de forma repetitiva. Um "produto industrial" é resultado da atividade produtiva de uma indústria, enquanto que um "produto artesanal" é resultado da atividade produtiva de um artesão. "Indústria" é o conjunto de técnicas e operações destinados à transformação de matérias-primas em produtos e gêneros adequados ao consumo. Enquanto numa "indústria manufatureira", o conjunto de técnicas e operações adotadas são basicamente manuais, na "indústria usineira" as técnicas e operações empregadas são mecanizadas, através de equipamentos automatizados ou robotizados.

Com essa nomenclatura em mente, passemos ao projeto de componentes da construção. O processo de design de componentes não ocorre de forma direta e linear. São diversas etapas que por vezes se repetem, porém envolvendo agentes diferentes, empresas diversas, até mesmo países diferentes. O quadro "Método Geral de Projeto de um Produto Industrial" ilustra o processo projetual de um produto, desde a sua concepção até sua produção, passando pelo projeto propriamente dito.

Na fase de concepção e planejamento do produto, os profissionais envolvidos, geralmente analistas de mercado, proprietários e diretores da empresa, e engenheiros, criam o memorial descritivo do produto, que elenca todas as qualidades e características que este deve atender. Além das características que um determinado componente

exige, é preciso considerar, ainda, a faixa de mercado, os produtos existentes, o sistema de comercialização, os custos, o volume e o sistema de produção, e os materiais empregados, dentre outros.

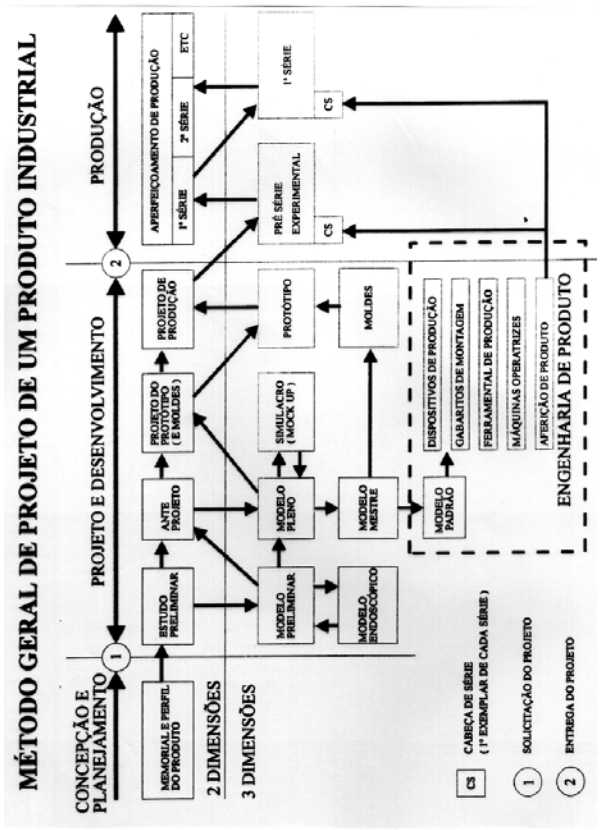


Figura III.1 - Método Geral de Projeto de um Produto Industrial

Fonte: ALEXANDRE e PERRONE, 1997.

Com o memorial em mãos, o designer, ou equipe de designers, passa à etapa de projeto e desenvolvimento. Aqui, por meio de modelos tridimensionais e desenhos bidimensionais, o produto é desenvolvido, testado e avaliado, segundo as exigências do memorial descritivo. Tanto nos desenhos, quanto nos modelos, o grau de informação, precisão e fidelidade ao produto idealizado, aumentam conforme se avança no processo.

Uma vez concluída esta etapa e definido o produto, havendo-se chegado a um protótipo, é iniciada a fase de produção do produto. Primeiramente, produz-se uma pré-série experimental, na qual é avaliado o desempenho do processo de produção e as qualidades do produto nas quais possa haver ocorrido interferência. Eventualmente, pode ser necessário se fazerem ajustes de operação ou modificações no projeto do produto. Quando a pré-série é aprovada, passa-se à produção da "1ª série".

Este modelo é repetido cada vez que o produto passa por uma etapa diferente, seja de fabricação ou de usinagem, se ocorrer. Quando esta etapa existe, o produto passa por um processo de re-design, que de alguma forma também segue o modelo "concepção-projeto-produção". O produto receberá novas dimensões e formatos, adequando-o ao projeto arquitetônico. Por exemplo: um painel de alumínio para revestimento de fachadas, receberá cortes e dobras para adequar sua forma, à função de vestir uma fração da superfície do edifício. É possível que ocorra uma fase intermediária: no caso dos painéis de alumínio, uma primeira empresa, realiza o projeto de usinagem dos painéis, com detalhamentos de cortes e dobras, que será executado por uma segunda empresa. Esta é uma etapa comum quando há necessidade de transferência tecnológica.

É sabido que um produto industrial possui, por definição: forma, função e produção. Se a produção cabe, de modo geral, aos engenheiros e a função cabe ao usuário/cliente, a forma cabe ao designer.

Devido à repetição do método "concepção-projeto-produção", os vários personagens envolvidos encenam diversos papéis, que por vezes se sobrepõem. Tomemos o exemplo dos painéis de alumínio, utilizados em edifícios, como revestimentos. O usuário do edifício ou da cidade

não é, necessariamente, o cliente do painel. O cliente, que em dado momento pode ser uma empreendedora, tendo como designer o arquiteto, pode passar a ser o próprio arquiteto, que teria como designer uma fábrica de alumínio ou uma beneficiadora de alumínio.

Em todas as etapas, o aspecto "produção" não foi negligenciado, pelo contrário, é ele quem move toda esta indústria de componentes, permitindo que ela seja competitiva e rentável.

Se a função de um produto pode variar entre a representação simbólica e o utilitarismo, a produção pode ir desde a mais artesanal, até a usinagem, assim como a forma pode ser desde a mais abstrata, até a mais cristalina. Dentro dessas categorias, os painéis de alumínio, por exemplo, podem ser classificados como utilitários (quanto à função), produzidos por usinagem e de forma cristalina.

O trabalho de cada designer, no caso de componentes da construção civil, é um trabalho complexo no qual cada peça faz parte de um todo, onde deve se encaixar como tal. O seu trabalho não se restringe somente ao estudo da forma, mas abrange os métodos de fabricação e usinagem, fixação e manutenção, devendo ser um objeto para produção múltipla.

> Propor processos de fabricação, desde sua tecnologia até a normalização dos componentes, são tarefas típicas dos designers. Esta normalização dos componentes deveria estar integrada à definição de um programa de coordenação modular, seja para a construção, seja para os equipamentos [urbanos]. (CAUDURO, 1992, p. 44)

Graças à modulação é que componentes podem ser fabricados de forma industrial. Se assim não fosse, cada produto teria dimensões e formas diferentes, impossibilitando uma produção seqüencial. Esta modulação deve ser considerada pelo arquiteto já no início do projeto, tanto devido às suas implicações estéticas, quanto às estruturais e econômicas. A coordenação modular permite a composição de diferentes componentes, formando um sistema, cujas partes podem ser intercambiáveis.

III . b. TECNOLOGIA E RACIONALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A tecnologia é o "conjunto de conhecimentos aplicados à produção de bens, incluindo as técnicas que permitem a organização e a eficiência do processo produtivo" (VIANNA, 1989, p. 47).

Com a Revolução Industrial, e especialmente nos últimos 50 anos, tem-se valorizado o conceito de que para o progresso humano é necessário o desenvolvimento permanente da tecnologia. Acreditou-se que o desenvolvimento tecnológico levaria a sociedade a um futuro próspero. Foi, inclusive, adotado como termômetro do desenvolvimento social, e até hoje é um indicador de sociedades "avançadas". Se no passado, o poder de uma nação dependia da quantidade de ouro acumulada em seu território, hoje, poder econômico e político dependem do desenvolvimento tecnológico de uma nação.

Aqueles que defendem estas idéias são chamados de "deterministas tecnológicos", por acreditarem que o desenvolvimento social é fruto do desenvolvimento tecnológico. Por outro lado, os chamados "deterministas econômicos" consideram a tecnologia um instrumento neutro para o desenvolvimento econômico e político. Ainda, estas duas correntes recebem críticas dos pensadores neomarxistas, que acreditam que a

tecnologia e os modelos sociais caminham de mãos dadas, tanto ideológica quanto materialmente.

Porém, de todos estes pensamentos, fica claro que existe uma forte ligação entre tecnologia e política, de modo que não existe tecnologia apolítica, assim como "não existe tecnologia dissociada das condições econômicas, sociais e culturais" (VIANNA, 1989, p. 48).

Na prática, o que se observa é que existem outras variáveis determinantes. É o caso, por exemplo, na arquitetura, da dependência entre recursos energéticos, desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento da arquitetura (VIANNA, 1989, p. 34).

Historicamente, o desenvolvimento da arquitetura esteve sempre vinculado às diferentes fontes de energia e ao desenvolvimento tecnológico decorrente destas. Portanto, há uma dependência entre a produção urbana e arquitetônica, e o sistema produtivo de uma sociedade, num certo momento histórico.

A transferência tecnológica gera a dependência tecnológica, seja entre nações, entre regiões, ou entre setores industriais. "Transferência tecnológica" e "dependência tecnológica" são termos que vem sempre associados. (CERAGIOLI, 1981, p. 3, citado por VIANNA, 1989, p. 48.)

> G. Ceragioli e G. Cavagliá, [1981, p. 3] …apresentam três tipos de transferência tecnológica: 1) transferência pura e simples de produtos; 2) exportação de *know-how* - de conhecimentos e organização tecnológica mais que de objetos; 3) transferência tipo "exigencial" - transferência de produtos ou *know-how* que mais bem respondem às exigências de um novo mercado, porém utilizando a organização industrial e o patrimônio de conhecimentos da própria empresa (requer um específico conhecimento do mercado, das matérias-primas e dos recursos, além de um maior conhecimento do processo). (VIANNA, 1989, p. 49)

N. Vianna, em obra supra citada, afirma a existência de um "imperialismo do saber", devido às relações de dependência criadas entre países industrializados e países subdesenvolvidos, acentuadas neste século, principalmente devido à "transferência de know-how", colocada por Ceragioli.

> Esse tipo de relação de forças leva os países tecnologicamente dependentes a se defrontarem com duas realidades:
>
> – a existência de estruturas econômicas, socioculturais e políticas internas que possam absorver as transformações do capitalismo, mas que inibem a integração nacional e o desenvolvimento autônomo dentro de um processo cada vez mais crônico de marginalização de grande parte da população;
>
> – a dominação externa, que estimula a modernização e o crescimento, mas que impede uma revolução nacional e uma verdadeira autonomia, situação que interessa tanto àqueles setores sociais que têm o controle do poder quanto aos grupos externos que dela desfrutam. (VIANNA, 1989, p. 49)

Os Processos Construtivos

Os processos construtivos podem ser classificados quanto à sua racionalidade e tecnologia incorporada, em:

◊ sistema tradicional: utilizando materiais pouco industrializados, como madeira, tijolos, telhas de barro; possuem pouca ou nenhuma padronização e empregam muita mão-de-obra (não especializada), num sistema de trabalho artesanal, com baixíssimo controle de qualidade;

◊ sistema tradicional racionalizado: materiais industrializados e padronizados, necessitando, ainda, de grande utilização de mão-de-obra com alguma qualificação, preocupação com alguma organização e controle de qualidade;

◊ sistema pré-fabricado: utilização de componentes de um sistema de construção, utilizando pouca mão-de-obra (qualificada), a organização e o controle de qualidade são aplicados;

◊ sistema industrializado: utilização de módulos, unidades inteiras ou sub-sistemas tridimensionais, é um sistema fechado, pouquíssima mão-de-obra (bem qualificada), controle organizacional e de qualidade bem desenvolvidos;

◊ sistema flexível: componentes altamente industrializados e normatizados, para encaixe, adequação e intercâmbio com demais componentes; sistema aberto, controle de qualidade em todas as etapas.

Este sistema flexível supõe a modernização da capacidade tecnológica instalada, através da re-organização da estrutura industrial e administrativa, valorizando as vertentes pesquisa, atualização e informática. Supõe, também, um grande cuidado com o "projeto do produto" e o "projeto de produção".

O projeto do produto deve atender aos requisitos, condições e parâmetros dados pela capacidade tecnológica instalada e pelas características regionais. Deve suprir os requisitos funcionais, ambientais e estéticos. Deve atentar para os princípios de racionalização: modulação, padronização, precisão, normalização, permutabilidade, mecanização, repetibilidade, divisibilidade e transportabilidade. Deve ser consciente com as questões energéticas e ambientais globais, preocupando-se com a vida útil, descarte/reciclagem do produto, e com o impacto ambiental e o consumo energético que a sua fabricação, utilização e descarte/reciclagem possam causar.

Um sistema flexível tem por objetivos: evitar os desperdícios; diminuir a produção de dejetos de obra; diminuir o tempo de execução; criar canteiros mais limpos e racionalizados; permitir uma diversidade tipológica, ao contrário da monotonia dos sistemas fechados; permitir a individualidade, a capacidade de re-arranjos e o crescimento contínuo; multiplicar as possibilidades de combinações; facilitar reformas, a substituição de componentes; ter um custo total baixo (componentes e mão-de-obra).

Experiências Internacionais

A pré-fabricação na construção civil remonta às primeiras estações ferroviárias em ferro fundido aparente, as pontes, torres, pavilhões de exposições e estradas de ferro do século XIX, com a Revolução Industrial.

No século XX, os modernistas, como Le Corbusier e Mies van der Rohe, fizeram diversos experimentos e propostas para uma arquitetura mais racionalizada e industrializada, principalmente para moradias populares e reconstrução das cidades no pós-guerra.

Vários sistemas utilizados no exterior tem sido desenvolvidos utilizando módulos pré-fabricados, que são então montados e encaixados *in loco* para formar um edifício. Na França, mais de 100 mil moradias são produzidas anualmente, utilizando painéis de concreto pré-fabricados, dotados de sistemas hidráulicos necessários. As unidades em forma de caixas são montadas no solo e logo acopladas por guindastes à estrutura metálica. Em Londres, são construídos edifícios de apartamentos cujas unidades, reforçadas com fibra de vidro, são moldadas em fábricas e, semelhantemente, erguidas e acopladas à estrutura metálica.

Na Escandinávia, também foram desenvolvidos diversos sistemas utilizados em todo o mundo, sob licença. O sistema Skarne, desenvolvido na Suécia, é utilizado para construir edifícios de até 25 pavimentos. Todos os componentes são pré-fabricados e montados *in loco*; pisos são revestidos com material vinílico, os tetos são pintados e as divisórias se encaixam em fendas tanto no piso, quanto no teto, as divisórias de armários e guarda-roupas são pré-acabadas. Estes componentes são fabricados com tolerâncias de apenas alguns milímetros.

Na Europa, o emprego de construções modulares desenvolveu-se mais que nos Estados Unidos, devido à multiplicidade de regulamentações e legislações deste país. Sistemas pré-fabricados são intimamente dependentes da regulamentação, no sentido de favorecer a sua viabilização de produção em larga escala. (GROLIER, 1995)

Construções modulares e industrializadas resultam na transferência de uma parcela do tempo de trabalho do canteiro para a fábrica, permitindo um maior controle organizacional e de qualidade.

Nosso Brasil

Experiências no Brasil de construções racionalizadas, utilizando componentes pré-fabricados ou mesmo industrializados são menos comum em habitações, do que em complexos industriais ou comerciais. Isto se deve à discrepância, ainda existente, dos baixos salários da mão-de-obra não especializada, e do custo elevado dos componentes industrializados em pequenas quantidades.

Entretanto, mesmo as favelas, que aparentemente representam a negação da ordem, utilizam elementos repetidos, criando um determinado ritmo. Elas se valem de embalagens de papelão, tábuas e pranchas de madeira, que são considerados rejeitos pela sociedade padrão. Ainda, a sua configuração espacial é determinada pela resistência destes materiais (cujo agrupamento próximo, busca assegurar-lhe melhor resistência, seja a fenômenos naturais, quanto à entrada de indivíduos alheios àquele grupo), pela escassez de área disponível, aumentando a proximidade entre as moradias, e por uma escala humana mínima de circulação. Semelhantemente, o espaço interno destas moradias é função dos poucos bens materiais adquiridos, por vezes, até ignorando o espaço necessário para acomodar os seus próprios ocupantes. A desordem das favelas acaba por criar um certo ritmo que as torna facilmente identificáveis.

No Brasil, e mais especialmente no município de São Paulo, as diferenças sociais são assustadoras e perfeitamente perceptíveis na arquitetura urbana. Em um extremo temos as favelas, - são 100 mil “sem-teto” na região metropolitana de São Paulo (LOSCHIAVO DOS SANTOS, 1997) - fruto da improvisação e do aproveitamento e valorização dos rejeitos de uma sociedade consumista; no outro extremo, os edifícios de escritórios ostentando toda a tecnologia disponível, a riqueza

e o luxo. Ainda assim, ambos possuem um ritmo, uma linguagem e uma técnica própria. Aparte a estética, o que os distancia é a tecnologia incorporada, a qualidade e o custo.

Algumas experiências a meio caminho destes dois extremos, tem se mostrado encorajadoras. São por exemplo, os conjuntos habitacionais (ainda que utilizando um sistema tradicional); a experiência das Vilas Tecnológicas em Curitiba, utilizando vários sistemas de construção pré-fabricada; as experiências do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas - com painéis de argamassa armada, painéis de fibras vegetais, sistemas de madeira e outros.

Afora os sistemas modulares, o IPT vem desenvolvendo uma série de estudos com materiais alternativos, de baixos custos, utilizando resíduos industriais e agrícolas, em conjunto com cimentos, para produção de argamassas de assentamento, revestimento, além de painéis divisórios. Estes caminhos visam criar uma alternativa para os materiais de construção tradicionais, que tem um custo alto, proveniente, em grande parte, do consumo de energia para sua produção e transporte. (AGOPYAN, 1988, p. 76)

III . c. QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O controle de qualidade foi desenvolvido e implantado na indústria há muitos anos, mas infelizmente ainda é um vocabulário novo na indústria da construção civil. Esse atraso deveu-se principalmente a uma visão equivocada de que a indústria da construção civil, por ter peculiaridades tão diversas das outras indústrias, não conseguiria aplicar os conceitos de controle da qualidade. Entretanto, são conhecidas experiências bem sucedidas de Controle e Garantia da Qualidade na Construção Civil em países da América do Norte, Europa e Oriente, nos quais melhorou-se a durabilidade, o desempenho, o custo do produto final e a satisfação do usuário.

É necessária uma estratégia para que uma empresa possa se modernizar. Essa estratégia parte da "definição dos objetivos a serem atingidos, dos critérios de eficiência a serem perseguidos, e das maneiras concretas de avaliar ou medir tais critérios", passa pela definição das ações a serem praticadas para se atingirem tais objetivos e critérios, finalizando com a definição de mecanismos de controle da gestão. (CARDOSO, 1993, p. 558)

Segundo Meseguer (1991, p. 13), a "indústria da construção civil", pode ser assim descrita:

1. as características das matérias-primas e dos processos são mais mutantes do que em outras indústrias;
2. cria produtos únicos e não seriados, a exceção de algumas poucas indústrias;
3. a produção é centralizada (operários móveis em torno de um produto fixo) e não em cadeia, o que dificulta a organização e o controle dos trabalhos;
4. é uma indústria muito tradicional, resistente a modificações;
5. utiliza mão-de-obra pouco qualificada, de caráter eventual e possibilidades de promoção escassas, gerando uma baixa motivação e perdas na qualidade;
6. é feita à intempérie, gerando dificuldades de trabalho e armazenamento, ficando suseptiva a vandalismos e às adversidades do tempo;
7. o usuário tem pouca influência na qualidade do produto, pois de modo geral o produto da construção civil é único ou quase único na vida do usuário, não permitindo que este acumule uma experiência, quanto ao produto, e possa demandar maior qualidade;

8. emprega especificações complexas, as vezes contraditórias e confusas, de modo que a qualidade é mal definida desde a origem;
9. as responsabilidades são dispersas e pouco definidas, gerando zonas obscuras e dúbias para a qualidade;
10. o grau de precisão é baixo (orçamento, prazo, resistência mecânica …), gerando um sistema por demais flexível, aceitando-se compromissos de difícil cumprimento e que provocam uma diminuição na qualidade.

Os Agentes da Qualidade na Construção

Na construção participam diversos setores, ao contrário de outras indústrias nas quais estão envolvidos apenas fabricantes, fornecedores e clientes. Na tabela a seguir estão ilustrados os principais intervenientes no processo construtivo.

O processo de construção e as relações que envolvem os diferentes agentes são ilustrados pelo pentágono da figura a seguir, de Mesenguer (1991, p. 17). As cinco atividades principais, que destaca o pentágono são: planejamento, projeto, materiais, execução e uso-manutenção. A cada uma delas corresponde um agente, respectivamente: promotor, projetista, fabricante, construtor, usuário/proprietário. O usuário é o início e o fim do processo, pois procura-se responder à sua necessidade (a qual o promotor procura identificar) e é ele quem recebe a obra concluída.

AGENTE	FUNÇÃO
O Promotor	Identifica as necessidades e toma a decisão de construir, participa do planejamento
O Projetista	Participa no planejamento e realiza projeto
O Fabricante	Fabrica materiais, componentes e equipamentos
O Construtor	Contrata e executa as obras
O Empreiteiro	Executa parte das obras por encargo do construtor
A Empresa de Gerenciamento	Representa o proprietário nos aspectos técnicos da execução de obras
O Proprietário	É o dono da construção e responde por sua manutenção
O Usuário	Desfruta a construção e responde pelo seu bom uso
Os Laboratórios	Ensaiam materiais, componentes e equipamentos
As Organizações de Controle	Desenham e executam planos de controle, interpretam resultados e assessoram seu cliente
O Seguro da Construção	Quando existe, influi de forma decisiva na qualidade
A Norma	Constitui a base técnica de referência para definir e comprovar a qualidade
A Forma de Contratação	Condiciona na origem a qualidade final
O Ensino e a Formação	Suporte profissional para obter a qualidade
A Investigação	Ponta de lança de todo o progresso na construção
A Legislação	Regula a referência técnica geral e as responsabilidades dos distintos sujeitos
Os Colégios Profissionais	Coordenam o exercício das profissões
A Administração Pública	Atua em todos os âmbitos e influi em todos os processos

Tabela III.1 - Os Principais Intervenientes no Processo Construtivo

Fonte: MESEGUER, 1991, p. 15

A "engenharia simultânea" permite a melhor gestão da qualidade e a antecipação de diferentes custos, por sobrepor diferentes fases da elaboração de um projeto, principalmente a fase de "concepção" e o "projeto de produção". (CARDOSO, 1993, p. 565)

É preciso salientar que a qualidade é um conceito relativo, pois cada agente tem uma idéia diferente, de acordo com seus interesses. Portanto, o usuário irá receber uma qualidade final, produto dos interesses dos diversos participantes do processo.

O controle da qualidade é feito por um mecanismo duplo, articulado entre si pelo controle de produção e pelo controle de recepção. Juntos, eles constituem o controle de qualidade.

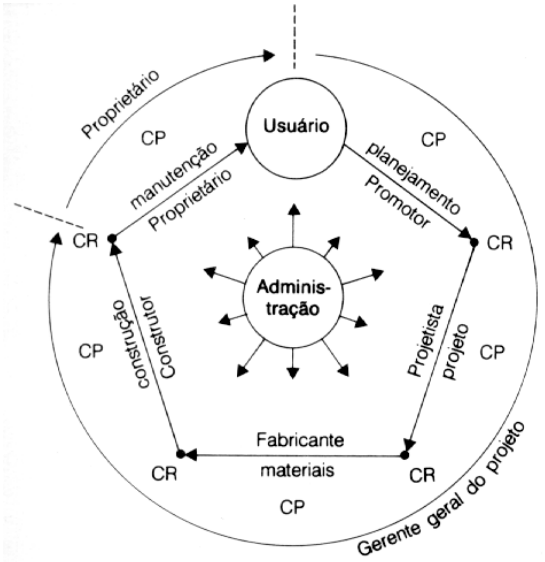


Figura III.2 - O Processo Construtivo

Fonte: MESEGUER, 1991, p. 17.

Como indicado na figura a seguir, o controle de produção (CP) é exercido dentro de cada lado do pentágono, por aquele que executa a atividade correspondente, trata-se, portanto, de um controle interno. Já o controle de recepção (CR) ocorre nos vértices do pentágono, ou seja, na transição de uma atividade para outra, onde ocorre uma transferência de responsabilidade. Aqui, é o receptor que finaliza o controle, qualificando-o como controle externo.

No centro do processo construtivo, a Administração Pública ou a empresa de gerenciamento, as vezes o proprietário, controla as diferentes fases do processo, dando especial atenção aos vértices da transferência.

No controle de produção, as atividades de controle e de produção devem manter-se totalmente independentes e não estabelecer relações de hierarquia, a não ser no topo do processo, onde ambas confluirão na pessoa representante do mais alto grau hierárquico da empresa. Do contrário, ou a qualidade, ou o preço serão afetados negativamente.

Os controles de produção (CP) e de recepção (CR) se diferenciam não somente quanto à pessoa que os executa. Por exemplo, no CP o que importa é manter o processo sob controle, enquanto que o CR preocupa-se com o produto acabado. No CP interessam as variáveis cuja medição seja cômoda, rápida e barata, enquanto no CR interessam as que representam a qualidade, independentemente do prazo de resposta.

Os objetivos do CR e do CP também são diferentes. O produtor busca, através do seu CP oferecer ao receptor a qualidade estabelecida ao menor custo de produção possível; enquanto que o receptor deseja, com o CR, uma comprovação com a menor margem de erro possível, de que está recebendo a qualidade estabelecida.

Os meios de controle são diferentes, já que o CP se vale basicamente de gráficos e registros contínuos, para expressar o processo, enquanto o CR emprega planos de amostragem e critérios de aceitação/rejeição, representativas de uma aceitação por lotes.

Os Métodos de Controle e o Brasil

No processo de desenvolvimento e implantação das técnicas modernas de controle da qualidade na construção civil existem quatro métodos (MESENGUER, 1991, p. 23), que são etapas sucessivas que vão sendo percorridas na medida em que se eleva o nível de qualidade.

- ◊ Método 1: Sistema tradicional de inspeção. Não existe controle da qualidade no sentido atual do termo.
- ◊ Método 2: Desenvolve-se um controle de recepção.
- ◊ Método 3: Desenvolve-se um controle de produção, mas sem nenhuma ligação com o controle de recepção.
- ◊ Método 4: O controle de produção cresce, o de recepção decresce e se alcança um estado em que ambos se combinam e apresentam uma zona comum.

No Brasil, a mão-de-obra tem se tornado tão desqualificada, que mesmo nas tarefas "tradicionais", não é mais capaz de definir a técnica construtiva. As causas de tal desqualificação vão desde baixa remuneração, a falta de registro, e a elevada rotatividade, até a ausência de treinamento, as precárias condições de trabalho e segurança, e as subcontratações. (CARDOSO, 1993, p. 561 e 562)

Se a mão-de-obra vem se tornando cada vez mais analfabeta, não tem sido diferente com relação à equipe técnica de engenheiros e mestres. Observa-se uma "perda do conhecimento técnico", o que demanda com urgência a "elaboração detalhada dos procedimentos de execução dos diferentes serviços". (CARDOSO, 1993, p. 562)

Para que o processo construtivo possa tornar-se menos imprevisível e mais "gerenciável", é necessário que os indivíduos envolvidos no processo estejam mais motivados, percebam a sua importância e comprometimento com todo o processo produtivo, e se responsabilizem pelas "'micro' tomadas de decisão", com alguma "autonomia de ação".

Algumas ações simples, dentro da própria empresa, permitem aos operários melhorar a sua formação. Cardoso (1993, p. 563) coloca alguns princípios para tal: "… o trabalho em equipes, a autonomia e a responsabilização, a diminuição dos níveis hierárquicos, uma aproximação entre as diferentes funções, o domínio de situações aleatórias, a participação, a interação e a comunicação".

> … a capacidade de análise e auto-aprendizado com os fatos observados, de estabelecer relações do tipo causa-efeito, de tomada de decisão, com a conseqüente necessidade de responsabilização e autonomia, são habilidades que devem ser acrescentadas às de caráter "técnico", as quais devem também evoluir, incorporando conhecimentos como a capacidade de leitura de plantas, de regulagem de dispositivos e equipamentos, etc. Deve-se ainda pensar em termos de uma formação "polivalente", ou seja, que dote o operário de conhecimento em mais de um ofício, tornando-o "flexível". (CARDOSO, 1993, p. 563)

Avaliação Pós-Ocupação

O conhecimento adquirido através da vivência de eventos previsíveis e imprevisíveis, na construção civil, deve ser "formalizada", de modo que possa ser analisada, registrada e divulgada. (CARDOSO,

1993, p. 564) Um banco de dados poderia ser montado, aprimorando as técnicas e as relações na construção civil.

Isto também se aplica às "avaliações pós-ocupação", que buscam avaliar a satisfação dos usuários/clientes de edifícios e o seu desempenho. Esta preocupação tem recebido uma pequena, porém crescente atenção no Brasil.

Do mesmo modo que com os demais produtos e serviços com os quais convive a humanidade contemporânea, é necessário que também os edifícios passem a ter certificados de satisfação garantida. Afinal, estes são, dos bens que um cidadão comum pode adquirir em sua vida, os mais custosos, e são poucas as pessoas que podem adquirir mais de um ou dois imóveis. Para isso, é preciso que se conheçam o desempenho, na prática, dos elementos de construção e o desempenho da edificação como um todo. Não se pode mais construir, sem se ter conhecimento das implicações que cada elemento trará à edificação como um todo.

Uma avaliação pós-ocupação tem por objetivo conhecer a satisfação dos usuários de um determinado edifício, assim como o seu desempenho segundo diversos aspectos e a finalidade para a qual foi projetado, visando a qualidade de projeto, a produtividade, o rendimento, a satisfação e o acréscimo de experiências a serem incorporadas em normas e procedimentos. A quantidade de aspectos que uma avaliação pós-ocupação (APO) é capaz de abordar é imensa. Variam os aspectos, desde construtivos, funcionais, econômicos, estéticos e simbólicos, comportamentais e psicológicos, até organizacionais, por citar apenas alguns. Este tipo de avaliação destina-se a arquitetos, engenheiros, construtores, pesquisadores, empresários, administração pública e empreendedores imobiliários. Para realização das APOs existem metodologias a seguir, que vão desde questionários direcionados, até medições *in loco*.

> Desta forma a APO, que é somente aplicada em edifícios existentes, pode fornecer não somente recomendações para os estudos de caso em análise, mas também subsídio para projetos que ainda se encontram nas etapas preliminares de *Planejamento e Anteprojeto*. A Avaliação Pré-Projeto - APP porém, atua exclusivamente em edifícios que se encontram nas etapas preliminares do processo de projeto e o seu objetivo é simular, utilizando métodos e técnicas apropriadas, o comportamento do futuro ambiente construído de forma a obter as informações que auxiliarão nas principais decisões à cerca do estudo de caso/projeto em análise. (ROMERO, 1993, p. 759)

Está em andamento uma pesquisa coordenada pela empresa inglesa DEGW, que tem por objetivo avaliar o desempenho de edifícios comerciais, tanto a nível ocupacional, quanto aos sistemas operacionais, segundo os requisitos propostos no programa inicial. São 15 edifícios a serem avaliados ao longo de 24 meses; um trabalho que tem o patrocínio de 30 empresas, que representam todos os setores da indústria de edifícios inteligentes. A pesquisa é dirigida pelo consultor e psicólogo Andrew Harrison e pôde chegar ao Brasil, graças ao intercâmbio com Edison Musa, que além de presidente da Asbea - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura - é vice-presidente do Council on Tall Buildings and Urban Habitat.

Com uma bagagem de estudo de 5 anos em edifícios na Europa e sudeste da Ásia, Harrison

aponta que os edifícios em questão devem ser avaliados segundo os seus valores de: utilidade, troca, imagem e negócios. A utilidade de um edifício é função da sua capacidade de adequação a novos usos, já que as organizações não são estáticas, mas as edificações muitas vezes sim. O valor de troca também depende da flexibilidade do edifício, pois segundo Harrison "a venda do prédio no mercado imobiliário não é fácil se o pavimento-tipo não tem uma planta simples, que possa atender à maioria das corporações" (Finestra Brasil, jan./mar. 1997, p. 52.)

O valor de imagem traduz o *status* e o poder de quem ocupa a edificação. Ainda, o aspecto custo-benefício deve ser avaliado, levando em conta que a redução de gastos operacionais com sistemas de alta tecnologia deve estar em acordo com o grau de satisfação dos clientes e trabalhadores da empresa que o edifício abriga. Por fim, a localização de um determinado edifício na cidade é de fundamental importância para a análise, pois é determinante do potencial de venda no mercado imobiliário e da inserção da empresa em seu nicho de mercado.

III . d. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, Vahan. *Estudos dos Materiais de Construção Civil - Materiais Alternativos*. In: IPT. Tecnologia de Edificações. São Paulo: Pini, 1988.

ALEXANDRE, Carlos Alberto Inácio; PERRONE, Rafael Antonio Cunha. AUP-855, O Processo do Design. Notas de aula. Disciplina ministrada no Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, mar/jun. 1997.

CARDOSO, Francisco Ferreira. *Novos Enfoques sobre a Gestão da Produção. Como Melhorar o Desempenho das Empresas de Construção Civil*. In: ENTAC 93 Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - Avanços em Tecnologia e Gestão da Produção de Edificações. 1993, São Paulo. Anais. v. 2. São Paulo, nov. 1993.

CAUDURO, João Carlos. Design & Ambiente. São Paulo: FAUUSP, 1992.

CERAGIOLI, G.; CAVAGLIÀ, G. *L'Uso ed il Transferimento di Tecnologie Edilizie Industriali in Contesti Non Industrializzati*. In: Prefabbricare, 4, 1981. (Citado por VIANNA, Nelson Solano. *Tecnologia e Arquitetura*. In: MASCARÓ, Lucia (coord.). Tecnologia & Arquitetura. São Paulo: Nobel, 1989.)

GROLIER ELECTRONIC PUBLISHING. The 1995 Grolier Multimedia Encyclopedia. Versão 7.05 (CD-Rom), 1995.

LOSCHIAVO DOS SANTOS, Maria Cecília. Arquitetura do desespero. Aspectos de design no Habitat Informal das Grandes Cidades. Palestra conferida na FAUUSP, 02/04/1997.

MESEGUER, Alvaro G. Controle e Garantia da Qualidade na Construção. São Paulo: SINDUSCON-SP/Projeto/PW, 1991.

Pesquisa Mundial Avalia Edifícios Brasileiros. Finestra Brasil. São Paulo, Ed. Archimídia, nº 8, jan./mar. 1997, p. 52.

ROMERO, Marcelo de Andrade. *Avaliação Pré-Projeto (APP): Conceitos e Aplicabilidade na Área da Conservação de Energia em Edifícios*. In: ENTAC 93 Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - Avanços em Tecnologia e Gestão da Produção de Edificações. 1993, São Paulo. Anais. v. 2. São Paulo, nov. 1993.

VIANNA, Nelson Solano. *Tecnologia e Arquitetura*. In: MASCARÓ, Lucia (coord.). Tecnologia & Arquitetura. São Paulo: Nobel, 1989.

VITTORIA, Eduardo et al. Atti del Secondo Convegno dei Docenti del Ragrupamento Tecnologico. Roma: Centro di Tecnologia dell'Habitat, 1978. (Citado por VIANNA, Nelson Solano. *Tecnologia e Arquitetura*. In: MASCARÓ, Lucia (coord.). Tecnologia & Arquitetura. São Paulo: Nobel, 1989.)

IV CONSTRUINDO A FAVOR DO MEIO AMBIENTE

IV . a. A ENERGIA NOS EDIFÍCIOS

No Brasil, o consumo de energia elétrica em edificações responde por cerca de 42% do consumo total de energia elétrica (MME, 1995).

Até recentemente, o estudo dos edifícios e do consumo de energia, ficou limitado à energia necessária para operar esses edifícios. Segundo Stein (1979, p. 183) este consumo gira em torno de 33% de toda a energia consumida nos Estados Unidos, outros dados falam em 40% (CROSBIE, 1994, p. 8).

Entretanto, tem havido uma subestimação da energia necessária para construir, modificar e manter edifícios. Segundo um estudo conduzido no University of Illinois Center for Advanced Computation (HANNON, 1976, citado por STEIN, 1979, p. 183), a energia destinada a esses fins chega a 6,25% de toda a energia utilizada nos Estados Unidos.

O impacto da indústria da construção é enorme. Ela é responsável, segundo Stein (1979, p. 183), por 10% do Produto Interno Bruto (PIB) dos Estados Unidos, e 13,8% do PIB no Brasil (IBGE, 1992), entretanto, a quantidade de energia que demanda é muito maior, proporcionalmente, que a sua contribuição ao PIB. Isto se deve, em parte, às enormes quantidades de material que utiliza, como aço, alumínio, cimento, tijolos e vidros, e que por sua vez, utilizam uma enorme quantidade de energia por produto, para serem produzidos. Por outro lado, os edifícios demandam mais matéria-prima por dólar que praticamente qualquer outro setor da economia (STEIN, 1979, p. 184).

Há dez vezes mais material (em massa) por dólar em um edifício, do que há em um automóvel; e 100 vezes mais do que há numa máquina de escritório.

A energia necessária para derrubar, cortar e transportar madeira, tem sido estimada, segundo Pearson (1989, p. 128), em 580 kWh/ton. Tomando este dado como guia, temos os seguintes custos energéticos para produção dos respectivos materiais:

- ◊ alumínio: consome 126 vezes mais que a madeira;
- ◊ aço: 24 vezes mais que a madeira;
- ◊ vidro: 14 vezes mais que a madeira;
- ◊ plástico: 6 vezes mais;
- ◊ cimento: 5 vezes mais;
- ◊ tijolos: 4 vezes.

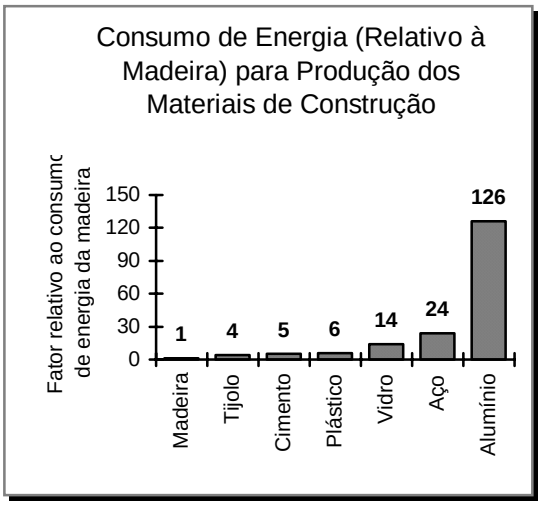


Gráfico IV.1 – Consumo de energia de materiais da construção

Fonte: PEARSON, 1989, p. 128.

Agopyan (1991, p. 969) fornece outros dados sobre o consumo de energia embutido nos materiais de construção:

- ◊ Aço: 30 MJ/Kg
- ◊ Cimento portland: 4 a 5 MJ/Kg

◊ Tijolos cerâmicos: 8,5 MJ/Kg

◊ Madeira: 0,3 MJ/Kg

Figura IV.1 - Mapa das Minas da Antiga "Vale do Rio Doce"

Fonte: O Estado de São Paulo, 27/04/97, p. B1.

O concreto, por ser um material composto, cujos agregados (brita e areia) encontram-se praticamente prontos para o uso na natureza, tem um valor final baixo de consumo energético embutido, em torno de 1 MJ/Kg. Por isso, considerando apenas a energia embutida, ele é mais indicado para estruturas, do que o aço. Fica claro, que quanto maior o grau de industrialização de um material ou componente, maior o seu consumo energético para produzi-los.

Agopyan (1991, p. 970) ainda afirma que, no Brasil, o sistema tradicional de construção consome 0,5 GJ/m^2. Esta cifra elevada, segundo ele, pode ser diminuída de duas formas: pela redução dos desperdícios, e pela utilização de materiais alternativos, que contenham resíduos agro-industriais (casca de arroz, limalha de alto-forno…).

A racionalização na construção é o ponto chave para a redução dos desperdícios. Segundo o Sinduscon-SP, 25% dos materiais, em massa, são desperdiçados nas construções tradicionais. Isto significa, o absurdo de, 400Kg de materiais desperdiçados por metro quadrado.

Etapa do Processo Produtivo	**Consumo de Energia em Um m^2 de Edifício Padrão (10^3 kcal/m^2)**	**%**
Fabricação dos Materiais	698	96,41
Transporte dos Materiais à Obra	10	1,38
Escavações e Terraplanagem	7	0,57
Elevação e Colocação dos Materiais	9	1,24
Total	724	100,00

Quadro IV.1 – Consumo de Energia ao Longo do Processo Produtivo do Edifício

Fonte: MASCARÓ, 1983

J. L. Mascaró (1983, p. 36) apresenta uma tabela onde são quantificados o consumo de energia

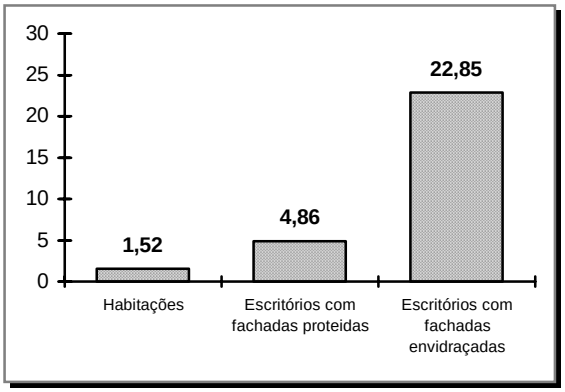


Gráfico IV.2 - Proporção entre a quantidade de energia consumida na utilização dos edifícios (vida útil) e a consumida na sua produção.

Fonte: MASCARÓ, 1981..

desde a fabricação dos materiais de construção, até a colocação dos materiais.

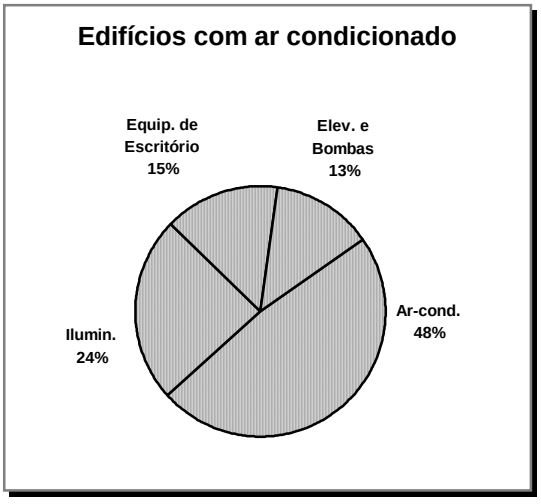


Gráfico IV.3 - Consumo de Energia em Edifícios Comerciais e Públicos Com Ar Condicionado

Fonte: PROCEL, 1988, p. 2

A energia dissipada metabolicamente pelos trabalhadores na construção civil e a energia necessária para erigir essas edificações, se eqüivalem (ROMERO, 1995).

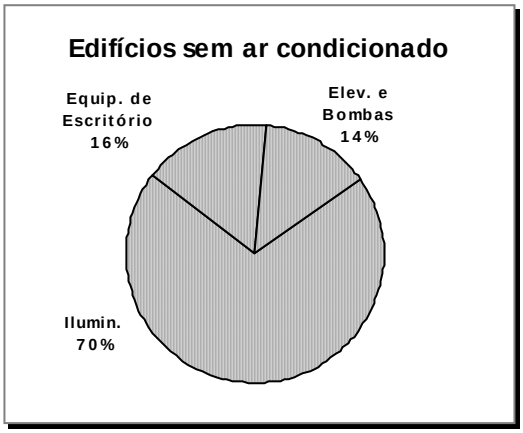


Gráfico IV.4 - Consumo de Energia em Edifícios Comerciais e Públicos Sem Ar Condicionado

Fonte: PROCEL, 1988, p. 2

J. L. Mascaró ainda mostra que o maior consumo energético está na utilização dos edifícios, durante sua vida útil. Os edifícios de escritórios, com fachadas de vidro e climatizados artificialmente, chegam a consumir quase 23 vezes mais energia, em sua vida útil, que a energia necessária para sua produção, como se vê no gráfico.

Nos edifícios públicos, 72% da energia consumida é devido à iluminação e ar condicionado; já nos edifícios comerciais, 70% da energia consumida é devido somente à iluminação.

Os arquitetos podem intervir num edifício de modo a favorecer ou não, o processo de conservação de energia. Esta contribuição pode se dar na fase de projeto ou na fase de construção e ocupação do edifício. Hirst (1987, citado por ROMERO, 1991, p. 5) fornece dados percentuais máximos da redução do consumo energético possível, segundo as diferentes etapas de produção, como se vê no gráfico. Fica claro que a contribuição na fase de projeto pode ser bem maior, que na fase de construção e ocupação.

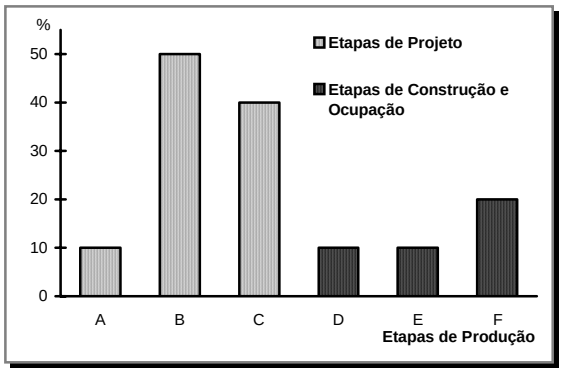


Gráfico IV.5 - Potencial de Energia Elétrica no Processo de Produção do Edifício

Fonte: HIRST (1987, citado por ROMERO, 1991, p. 5)

IV . b. A ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO

Um produto deve ser avaliado por todo o seu ciclo de vida, não se pode levar em consideração apenas uma fase de sua vida-útil, pois esta pode induzir a uma avaliação errônea do produto. É preciso analisar desde a sua fonte de matéria-prima, sua produção, distribuição, utilização e despejo. O produto deve ser analisado nestas etapas segundo os seguintes aspectos ambientais: resíduos, contaminação de solos, água e ar, consumo de energia, barulho e habitat natural. Mackenzie (1991, p. 36) propõe o seguinte quadro, para análise de um produto.

Ciclo de Vida do Produto x Aspectos Ambientais					
	Matéria-Prima	Produção	Distribuição	Utilização	Despejo
Resíduos					
Contaminação de solos					
Contaminação de águas					
Contaminação do ar					
Consumo de Energia					
Emissão de Ruído					
Habitat Natural					

Quadro IV.2 - Ciclo de Vida do Produto x Aspectos Ambientais

Fonte: MACKENZIE, 1991, p. 36.

Muitos são os aspectos a serem considerados ao projetar edifícios em favor do meio-ambiente, podemos pensá-lo como um todo, sendo ele próprio, um produto; ou podemos descrevê-lo como um sistema, formado por componentes ou diversos produtos. Falemos da especificação dos materiais que é o centro de nosso estudo. Mackenzie (1991, p. 46) faz uma perfeita colocação desta difícil tarefa:

> *Architects and designers have a considerable opportunity to influence environment impact through the specification of materials. Understanding the environment issues surrounding the extraction of raw materials, the manufacture of construction materials, and their effects in use, is important to ensure that the environment problems are minimised* [sic].

De modo geral é preferível a opção por materiais que sejam atóxicos, produzidos a partir de matérias-primas renováveis ou reutilizáveis. A madeira é um material excelente nesse sentido, mas não se preza a todas as aplicações. Também existem diversas opções para o emprego de papéis e plásticos reciclados, na incorporação de novos componentes. Escolhas deste tipo dependem do desempenho que tais componentes devem exercer. Sem dúvida, a escolha dos materiais está ligada ao aspecto geral do edifício e seu partido, dentro de necessidades funcionais e estéticas.

O uso de madeiras de lei tropicais tem sido muito criticado pelos ambientalistas. Geralmente estas madeiras são usadas em esquadrias para portas e janelas. Como a utilização de madeiras não tem se dado de modo sustentável, o seu emprego contribui para o aumento dos desmatamentos, apesar que em sua grande maioria, estas áreas são queimadas para utilização do solo para plantio e moradia.

A não ser que a origem destas madeiras seja comprovadamente de áreas de replantio e reflorestamento, o uso de madeiras de lei tropicais não é muito apropriado. Outros tipos de madeira com menos riscos de extinção devem ser preferidos.

Outra consideração importantíssima a ser feita é a distância que os materiais devem percorrer desde

sua origem até o local da obra. O transporte de grandes quantidades de materiais muito pesados pode se mostrar uma prática muito ineficiente na conservação de energia, se houverem outros materiais locais disponíveis e igualmente apropriados. O uso de materiais locais tem se tornado mais popular devido à ênfase que tem se dado à inserção regional dos edifícios.

Os Clorofluorcarbonos (CFCs), altamente combatidos devido à deterioração que provocam na camada de ozônio, são utilizados na produção de poliuretano rígido e espumas extrudadas de poliestireno, geralmente empregados como materiais isolantes. Esses gases também são empregados como refrigerantes em sistemas de ar condicionado e em equipamentos contra incêndio. É preciso encontrar melhores alternativas para estes fins.

Algumas experiências já caminham nesse sentido. É o caso de alguns fabricantes de isolantes que utilizam outros gases, menos danosos que os CFCs, ou outros, que utilizam fibras minerais ou papel de rejeitos densamente prensados. A quantidade de alternativas emergentes é muito grande, de modo que é necessário manter-se sempre atualizado das últimas inovações.

Também já existem gases alternativos aos CFCs sendo utilizados em sistemas de ar condicionado. Com relação aos arquitetos, a primeira atitude, deve ser no sentido de minimizar o uso de sistemas mecânicos e preferir sistemas naturais de ventilação e controle térmico.

Os efeitos colaterais provocados principalmente por materiais de revestimento e acabamento tem se tornado ultimamente uma forte preocupação. O efeito cancerígeno do amianto, tanto para os que trabalham no processo de fabricação, quanto em sua utilização, tem levado à proibições e substituições em países da Europa e Estados Unidos. O uso de chumbo em algumas tintas tem sido diminuído e até abandonado, devido ao perigo de ingestão por crianças.

Outros produtos comumente utilizados tem sido muito criticados, é o caso dos formaldeídos, epóxis e resinas acrílicas, e fungicidas. Isto se deve tanto poluição que causam durante a sua fabricação, como ao fato de causarem alergias, febres e problemas de pele.

Ultimamente, tem se falado muito de insalubridade nos edifícios, chegando a referi-los como doentes e como sendo os causadores de dores de cabeça, congestão e letargia. Lâmpadas fluorescentes que piscam, ventilação deficiente e pouca umidade no ar tem sido os culpados de tais sintomas. Há evidências de que os problemas são menores quando os usuários tem um controle individual de seu ambiente, ao invés de ficarem sujeitos a um sistema hermético.

Os profissionais da arquitetura podem contribuir na redução de riscos à saúde, especificando materiais adequados, minimizando o uso de produtos tóxicos, assegurando uma boa qualidade de ar e temperatura internos, e selecionando sistemas de iluminação adequados às tarefas e que não sejam intermitentes.

Pearson (1989, p. 129) coloca que os materiais de construção, após haverem passado pelos requisitos técnicos e legais, devem também atender alguns quesitos quanto a aspectos ecológicos e de salubridade. Ele assim enumera os critérios ecológicos. Os materiais devem ser:

- ◊ renováveis e abundantes, provindos de diversas fontes naturais e cuja produção cause pouco impacto ao meio-ambiente;
- ◊ não-poluentes, de modo que não emitam vapores, partículas ou toxinas nocivas ao meio-ambiente, seja no uso ou na fabricação;

- ◊ energeticamente eficientes, utilizando pouca energia em sua produção, transporte e utilização (devem provir de regiões próximas); adicionalmente devem ser bons isolantes de forma a prevenir perdas/ganhos energéticos (calor) indesejados;
- ◊ duráveis, com longa vida-útil, fáceis de repor e de fácil manutenção, testados por diversas gerações;
- ◊ produzidos a preços e condições de trabalho justos;
- ◊ pouco geradores de resíduos, capazes de serem reciclados, de modo a economizar a grande quantidade de energia necessária para produzir os materiais a partir da matéria-prima.

O aço, quando reciclado, economiza até 70% da energia utilizada para produzir o aço, a partir de fontes primárias. (PEARSON, 1989, p. 130)

IV . c. EDIFÍCIOS AMBIENTALMENTE CONSCIENTES

> *Design leads to the manifestation of human intention and, if what we make with our hands is to be sacred and honor the earth that gives us life, then the things we make must not only rise from the ground but return to it as well – soil to soil, water to water. Everything that is received from the earth can be freely given back without causing harm to any living system. This is ecology. This is good design*. (William McDonough, in CROSBIE, 1994, p. 38)

McDonough (CROSBIE, 1994, p.38) afirma que devemos utilizar a natureza como modelo e mentora para redefinir os princípios do design e da arquitetura. De suas observações, ele destaca três pontos importantes. O primeiro é que tudo o que necessitamos para trabalhar já está ai, pronto para ser utilizado, pedras, terra, madeira, água e ar. Todos os materiais que a natureza nos fornece, estão constantemente sendo devolvidos à natureza sem desperdícios.

O segundo ponto é a energia, que permite à natureza manter o seu ciclo de vida constante. Esta energia provem de fora do sistema, na forma de ganho solar constante. A natureza não extrai energia do passado, não utiliza suas reservas criadas ao longo de milênios e não pede emprestado ao futuro.

Por fim, a característica que sustenta este sistema complexo e eficiente de criação e metabolismo é a biodiversidade. O que assegura estes sistemas vivos do colapso e do caos é uma relação simbiótica, complexa e milagrosa entre milhões de organismos, dos quais não há dois iguais.

Como designers do espaço construído e habitável, devemos nos perguntar como aplicar estas três características dos sistemas naturais vivos. Somente procurando tais respostas poderemos compreender qual o lugar que nos corresponde no mundo natural.

Sustentabilidade é, hoje, o ponto chave no conceito de desenvolvimento. O desenvolvimento sustentável assegura que sejam supridas as necessidades presentes, sem porém comprometer a possibilidade de futuras gerações satisfazerem as necessidades de seu tempo. A prática da arquitetura segundo esses princípios é denominada Arquitetura Sustentável. Este termo está intimamente ligado a dois conceitos: energia e meio ambiente.

Na arquitetura sustentável destacam-se a eficiência energética do edifício, a correta especificação dos materiais, a proteção da paisagem natural e o planejamento territorial, o reaproveitamento de edifícios existentes.

Por outro lado, ultimamente, tem se utilizado no meio técnico e acadêmico o termo "arquitetura bioclimática", cada vez com mais freqüência. Entretanto, se uma arquitetura pode ser caracterizada como "bioclimática" é porque deve também haver uma arquitetura "não-bioclimática". Este pensamento traz a tona a perplexidade de que possa haver arquiteturas não adequadas às condicionantes climáticas e geomorfológicas do sítio em que se insere. Mas não é este o fim da arquitetura, como descreve Vitruvius[1]: "Os edifícios estarão bem adequados, se desde o princípio, se tem em conta o clima do lugar em que se constrói, porque não há dúvida de que devem ser distintos os edifícios que se fazem no Egito, dos que se fazem em Roma". E segundo Romero (1998): "Arquitetura e clima são conceitos inseparáveis. Porém, produziu-se em tão larga escala uma arquitetura dissociada do clima que foi necessário criar uma segunda arquitetura e batizá-la de bioclimática."

Ao longo dos séculos, a história mostra que o homem resolveu a problemática do habitat construído não isoladamente, mas dentro de um contexto urbano, segundo as características climáticas de cada região. As aldeias árabes, por exemplo, para se protegerem do calor, dos ventos quentes e carregados de pó e areia, e da secura do ar, constróem casas térreas, ruas sombreadas, e fachadas quase cegas e muito espessas, para se proteger da radiação solar direta e dos ganhos de calor. Por outro lado, as aldeias de clima quente e úmido, constróem casas sobre pilotis para isolar-se da umidade do solo e permitir a ventilação, "não só do edifício mas também do recinto urbano" (A.A.E., /s.d./, p.13). Com paredes leves e grandes aberturas, as casas são sombreadas por varandas ou largos beirais, que as protegem da incidência solar direta e das chuvas intensas. (FLEURY DE OLIVEIRA, 1989)

Estes exemplos mostram a correta prática do desenho "bioclimático" e da utilização dos materiais, que antes do desenvolvimento das tecnologias de climatização artificial, resolviam adequadamente o problema térmico "com recursos de forma, material, orientação e localização das edificações" (A.A.E., /s.d./, p.15.), o que influenciou os estilos regionais.

Nas últimas décadas estes princípios foram postos de lado e por isso, hoje se recorre ao termo arquitetura bioclimática, na tentativa de resgatar esses conceitos. Os princípios da arquitetura bioclimática buscam conciliar a matéria, a forma e a energia, tirando partido de elementos estáticos, como localização geográfica e sítio, e elementos dinâmicos, como temperatura, ventos, umidade e radiação, utilizando ao máximo a energia de forma passiva, para assegurar o cumprimento dos requisitos de conforto ambiental preestabelecidos. (MASCARÓ, 1991.)

O desenvolvimento tecnológico permitiu ao homem construir edifícios inovadores tanto na forma quanto nos materiais, suplantando as preocupações ambientais, já que a tecnologia viria a resolver os problemas e deficiências criados por essa nova arquitetura. Sistemas de iluminação artificial e climatização, entre outros, recriaram, ao longo de décadas, o conceito de conforto ambiental.

A chamada "arquitetura bioclimática" defende que somente após as tecnologias passivas serem exauridas é que deve se partir para o emprego das tecnologias ativas, ou seja formas mecânicas e eletrônicas de controle que certamente irão consumir energia.

Antes de se pensar no monitoramento de um único circuito

[1] Marcus Vitruvius Pollio. Arquiteto e construtor do século I A.C.

> sequer [nos edifícios inteligentes], é preciso extinguir todas as possibilidades que as tecnologias passivas oferecem, a saber: a correta escolha dos materiais de construção opacos e translúcidos em função da forma; as condições climáticas locais; a forma; os edifícios vizinhos e sua influência no projeto; os quadrantes de maior radiação; os protetores solares exteriores; a possibilidade de captação da luz natural sem elevar excessivamente a carga térmica; a contribuição das cargas internas; a amplitude térmica local; a umidade relativa média do ar; a direção e a velocidade dos ventos predominantes. (ROMERO, 1998)

Com a crise energética global surgiram novos valores, transformando a economia e a sociedade contemporânea, voltando a atenção ao conforto ambiental dos edifícios habitados pelo homem, porém com duas novas premissas: a redução do consumo de energia e a melhoria da qualidade de vida. O cerne da questão é encontrar formas de "proporcionar ao homem as melhores condições físicas e mentais de habitabilidade nos edifícios que utiliza, com um mínimo de dispêndio energético e nas melhores condições de impacto sobre o meio ambiente natural". (I.A., /s.d./.) Este é um princípio ainda pouco aplicado no Brasil, mas que vem recebendo crescente atenção.

O termo "arquitetura sustentável", no parecer da autora, engloba também os princípios da "arquitetura bioclimática", além de considerar as questões de conservação ambiental, para agir localmente, porém pensando globalmente. Por esta razão, este será o termo empregado nesta dissertação.

A seguir são descritos alguns exemplos de arquitetura sustentável, também chamada de "green architecture".

Wal Mart, Lawrence - Kansas

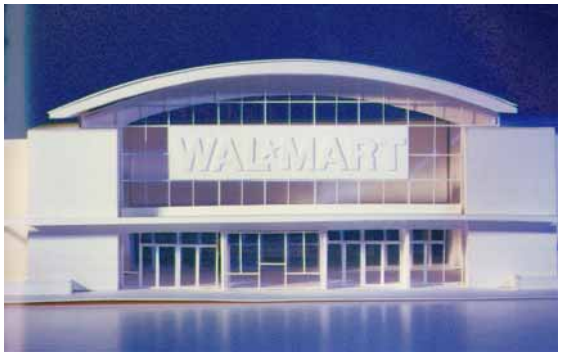


Figura IV.2 - Maquete da entrada
Fonte: CROSBIE, 1994, p. 39

O protótipo de uma loja "Wal-Mart" ecologicamente consciente, a ser implantada na cidade de Lawrence, Kansas - EUA, foi desenvolvido pelo escritório *William McDonough Architects*, que prestou consultoria de design ambiental ao escritório BSW Architects, de Tulsa, Oklahoma, nos Estados Unidos. Esta nova loja aborda uma série de aspectos em seu programa e na sua construção que a destaca da maioria dos edifícios deste tipo.

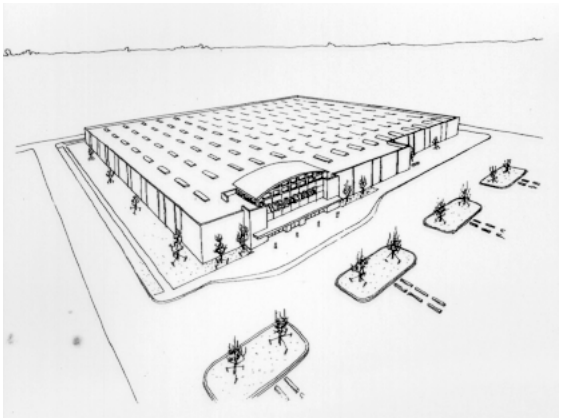


Figura IV.3 - Perspectiva do Wal Mart
Fonte: CROSBIE, 1994, p. 40

Dentre suas qualidades está a estrutura do telhado em madeira, cuja matéria-prima é toda proveniente de áreas de reflorestamento. A construção em madeira representa 108.504 kcal/m^2, contra 813.778 kcal/m^2 caso ela fosse feita em aço; isto representa uma economia de milhares de litros de petróleo na fabricação do edifício.

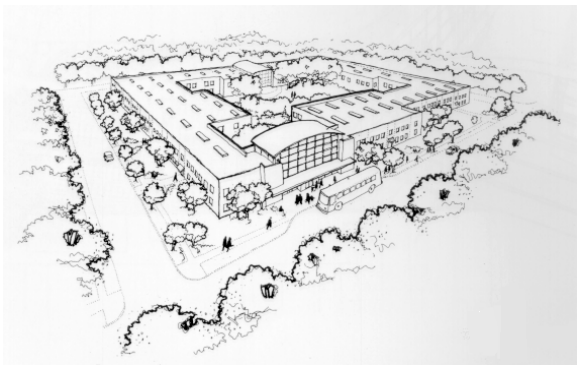


Figura IV.4 - Perspectiva do edifício reformado para futura moradia

Fonte: CROSBIE, 1994, p. 41.

Mais de 50% da loja, recebe iluminação zenital, que ainda conta com um sistema de *dimmer* fotosensível responsável pelo controle da iluminação fluorescente. O sistema de ar condicionado não utiliza gases de clorofluorcarbonos (CFCs).

Este "Eco-Mart", como é também chamado, possui um pequeno centro de reciclagem que classifica e empacota 15 diferentes tipos de materiais, incluindo a maioria do material utilizado na embalagem dos produtos vendidos na loja.

Como se não bastasse, o edifício foi desenhado de modo que possa servir como moradia e outros fins, se sua utilização mudar a qualquer tempo.

Creche em Frankfurt

Outro projeto interessantíssimo, do mesmo escritório, é uma creche em Frankfurt, Alemanha. Trata-se de um edifício a ser operado pelas próprias crianças. O seu telhado "estufa" tem múltiplas funções: iluminar, aquecer a água e o ar, resfriar, ventilar e proteger da chuva, assim como uma tenda beduína.

Os arquitetos reconheceram a importância das crianças poderem olhar através das janelas e verem o comportamento do sol ao longo do dia.

Com o auxílio dos professores, chegou-se à conclusão que o mais importante era permitir que de alguma forma as crianças exercessem algum controle sobre o edifício para que pudessem interagir com ele. Assim, as crianças gastam 10 minutos ao entrar e ao sair do edifício, abrindo e fechando o sistema; tanto alunos, quanto professores adoram esta atividade.

Devido aos coletores solares para água quente, os arquitetos solicitaram que fosse adicionada uma lavanderia ao complexo, para que os pais pudessem lavar suas roupas enquanto esperam os filhos saírem da escola.

Graças a este avançado sistema de vidros e coletores, foi possível criar uma creche que não necessita de nenhum tipo de combustível, para operar os sistemas de refrigeração e aquecimento. Dentro de 50 anos, quando os derivados de petróleo serão mais escassos, haverá água quente

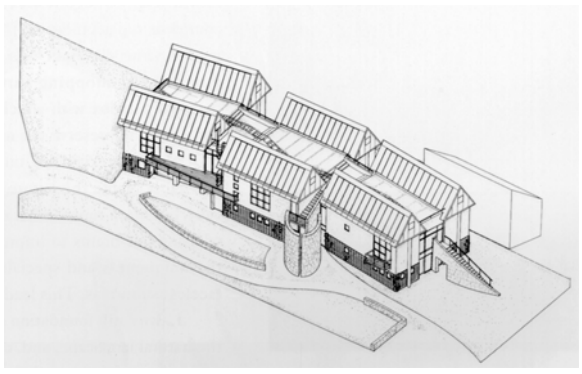


Figura IV6 - Vista isométrica do conjunto

Fonte: CROSBIE, 1994, p. 43

para a comunidade e o edifício terá pago a energia "emprestada" para sua construção.

Figura IV.5 - Recepção da creche, com os painéis isolantes móveis

Fonte: CROSBIE, 1994, p. 42.

Industria de Fotovoltáicos

O escritório *Kiss Cathcart Anders Architects* vem desenvolvendo, desde 1984, a integração de

tecnologia fotovoltáica (PV) na arquitetura. Esta tecnologia produz eletricidade a partir da luz do sol atua em complementação a outras tecnologias de ganho solar e controle energético.

Diferente de outras tecnologias, os PVs podem ser utilizados como elementos de construção, agregando valor ao edifício, já que desempenham mais de uma função. Ao mesmo tempo que capturam os raios solares, podem sombrear as janelas, reter o calor ou permitir a entrada de luz difusa. O PV pode mudar o paradigma energético dos edifícios contemporâneos de minimizar e mitigar os efeitos do sol, para um novo paradigma de voltar-se para o exterior e capturar tanta quanta radiação solar seja possível. Pela primeira vez, os edifícios passariam de consumidores para geradores de energia.

Desenvolvido por *Kiss Cathcart Anders Architects*, o edifício para fabricação de fotovoltáicos é um projeto sem precedentes, que abriga a maior linha de produção de "filmes fotovoltáicos finos". O

Figura IV.7 - Marquise com painéis de PV atrás e o cubo de vidro e PV

Fonte: CROSBIE, 1994, p.65

edifício com seus 6.503 m^2, com estrutura em aço inoxidável e concreto, produz os maiores painéis monolíticos dos EUA, chegando os módulos a 79cm x 1,55m. O edifício, situado em Faifield, Califórnia - EUA, serve como protótipo para a emergente tecnologia fotovoltáica.

Um sistema de cortinas de vidro com aplicação de PV, somado ao sistema de *skyligths* com PV, mais a marquise de entrada do edifício também com PV, produzem suficiente energia para iluminação e condicionamento de ar do edifício.

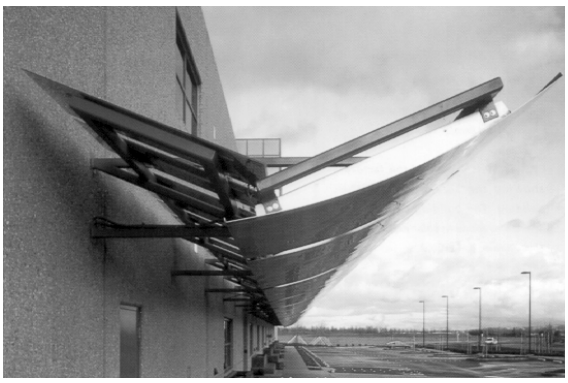


Figura IV.8 - Vista lateral da marquise de entrada, com os painéis de PV à esquerda

Fonte: CROSBIE, 1994, p. 66

Figura IV.9 - Vista por baixo dos painéis de PV da entrada

Fonte: CROSBIE, 1994,p. 67

A maioria dos painéis de PV verticais foram instalados numa dupla cortina de vidro isolada, que permite a ventilação por convecção, dos ganhos térmicos ocorridos por trás dos painéis.

Centro de Estudos Regenerativos

O Centro de Estudos Regenerativos é um local único de pesquisa, ensino, trabalho e vivência que fornece à *California State Polytechnic University*, em Pomona, Califórnia, um novo enfoque ambiental e um novo programa acadêmico. Trata-se de um cenário com edifícios movidos a energia solar, água de aquecimento solar, sistemas energéticos eólicos e solares, sistemas de reaproveitamento de águas, aquaculturas e programas de agricultura ambiental.

O escritório *Dougherty + Dougherty* realizou uma extensiva pesquisa para selecionar os materiais e produtos a serem empregados no edifício. Foram avaliadas a toxicidade na produção e utilização dos materiais, a capacidade de reciclagem dos componentes/componentes reciclados, o impacto de fontes não renováveis, o apoio a indústrias renováveis e a vida-útil com pouca manutenção

Figura IV.10 - Centro de Estudos Regenerativos

Fonte: CROSBIE, 1994, p. 101.

dos materiais.

Os painéis solares instalados nos telhados, suprem 100% da energia destinada ao aquecimento de água em tanques domésticos. O uso de energia elétrica é restrito à iluminação artificial (utiliza lâmpadas PL), aos aquecedores de ambiente compactos, as máquinas de lavar, aos equipamentos de cozinha e ao sistema de ar forçado.

Abrigo para Animais

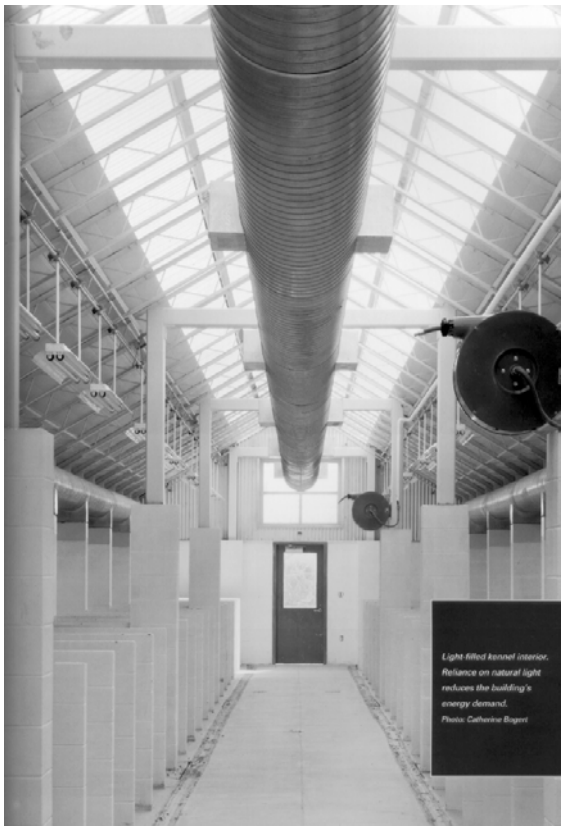


Figura IV.11- Abrigo de Animais
Fonte: CROSBIE, 1994, p. 153.

O escritório *Susan Maxman Architects* (CROSBIE, 1994, p. 144) sempre se preocupou em desenvolver uma arquitetura ambientalmente adequada. Uma arquitetura que se adequa ao entorno, compatível com o modo de vida de seus usuários, e em harmonia com as forças atuantes numa comunidade. A equipe de Maxman é formada por profissionais inter-disciplinares, que compartilham das preocupações ambientais, na busca de gerar um ambiente sustentável.

A indústria da construção, segundo Susan A. Maxman (CROSBIE, 1994, p. 144), causa um enorme impacto ambiental gerando pelo menos 20% dos resíduos sólidos nos Estados Unidos, consumindo mais de 11% da energia americana e produzindo 30% dos gases (dos EUA) que geram o efeito estufa.

Maxman (CROSBIE, 1994, p. 144) defende que, ao fazer parte da indústria da construção, devemos, como arquitetos, conduzir o exercício de nossa profissão de uma maneira responsável, adotando uma ética ambiental. É preciso adotar o conceito de arquitetura sustentável, baseada na prática da "redução, reutilização e reciclagem".

> *By evaluating the materials and systems that go into a project's design to conserve natural resources, decrease environmental degradation, and create healthy buildings, we are planning now for the future*. (Susan Maxman, In: CROSBIE, 1994, p. 144.)

O projeto de um abrigo para animais em Bensalem, Pennsylvania - EUA, desenvolvido por *Susan Maxman Architects*, situa-se num terreno de 10 ha. e tem um programa de 2.276 m^2. O programa inclui uma área administrativa, uma salão de conferências e um salão comunitário multi-uso.

O edifício é dotado de um sistema de ar condicionado, controlado de acordo com cada ambiente, e não utiliza gases a base de CFCs. O sistema de iluminação consiste de luminárias dispostas linearmente, utilizando lâmpadas fluorescentes T-8, que economizam energia. Sensores ainda controlam o uso de energia elétrica. O edifício foi projetado de modo que 40% da

demanda de iluminação é suprida por iluminação solar. A eficiência energética do edifício, graças aos seus sistemas e equipamentos, economiza até US$ 40.000 com energia, por ano.

Os materiais selecionados são recicláveis e atóxicos, como por exemplo, as cerâmicas de piso produzidas a partir de resíduos da produção do vidro, carpetes com face adesiva evitando a utilização de colas toxicas, isolamento rígido com um mínimo de 50% de materiais reciclados sem CFC, tapetes de borracha reciclada a partir de pneus, bancos e divisórias sanitárias compostas de 65% de plásticos reciclados, e vasos sanitários com baixo fluxo de água.

O Plano Diretor da Ilha de Dewees

A ilha Dewees situa-se a 19 km da costa de Charleston, na Carolina do Sul - EUA, e recebeu um novo plano diretor elaborado por *Burt Hill Kosar Rittelmann Associates*, que busca preservar o ambiente natural, evitando os impactos negativos. Diretrizes foram estabelecidas, para aplicar uma filosofia de arquitetura de baixo impacto. Uma equipe é responsável pela orientação e aprovação dos projetos residenciais na ilha.

Apesar de não ser obrigatório respeitar um determinado estilo, aconselha-se seguir o padrão das casas características da região. Estimula-se o uso de materiais ambientalmente responsáveis. As diretrizes ainda aconselham um cuidadoso estudo de implantação e orientação, de modo a maximizar a proteção dos ventos de inverno e do sol de verão, utilizando ao máximo a ventilação natural e aquecimento solar para reduzir o consumo de combustíveis. Prefere-se o emprego de ventiladores ao uso de sistemas de ar condicionado. Sugere-se o aquecimento solar da água e o uso de energia fotovoltáica para reduzir o consumo de energia elétrica. Ressalta-se a correta utilização de isolantes, a ventilação por efeito chaminé e de barreiras para penetração de radiação e ar.

IV . d. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.A.E. - Agência para Aplicação de Energia. Uso Racional de Energia em Edificações - Isolamento Térmico. /s.n.t./.

AGOPYAN, Vahan. *Reduction of Energy Consumption in Building Materials*. In: EUROPEAN SYMPOSIUM OF MANAGING, QUALITY AND ECONOMICS IN HOUSING ..., Lisboa, 1991. Anais. Lisboa, 1991.

CROSBIE, Michael J (org.). Green Architecture. Washington D. C.: The American Institute of Architects Press, 1994.

FLEURY DE OLIVEIRA, José Luiz. Amazônia: Proposta para uma Ecoarquitetura. Tese de doutorado, FAU-USP, junho 1989.

HANNON, B.M., STEIN, R.G., SEGAL, B.Z., SERBER, D., STEIN, C. Energy Use for Building Construction - Final Report. Center for Advanced Computation, University of Illinois at Urbana-Champaign, dez. 1976. (Citado por: STEIN, Richard G., SERBER, Diane. *Energy Required for Building Construction*. WATSON, Donald. (org.) Conservation Through Building Design. New York: McGraw Hill, c 1979.)

HIRST, Eric et al. Energy Efficiency in Buildings-Progress and Promise. Washington D.C., American Council for an Energy-Efficient Economy, 1987. (Citado por: ROMERO, Marcelo de Andrade. *Conservação de Energia e o Projeto de Arquitetura: uma Análise Geral*. Sinopses nº 16, p. 5-9. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, dez 91, p. 5)

I.A. - Idéias de Arquitetura. Publicação da Luxalon Produtos Arquitetônicos, divisão da Hunter Douglas do Brasil Ltda. /s.n.t./.

IBGE. Anuário Estatístico. 1992.

MACKENZIE, Dorothy. Design For The Environment. New York: Rizzoli, 1991.

MASCARÓ, Juan Luís. Consumo de Energia e Construção de Edifícios. São Paulo, SECOVI, 1981.

MASCARÓ, Juan Luís. *O Consumo de Energia nos Edifícios*. In: Seminário de Arquitetura Bioclimática. Rio de Janeiro, 1983.

MASCARÓ, Lúcia R. Energia na Edificação. São Paulo, Projeto, 1991.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional 1994. Brasília, 1995.

PEARSON, David. The Natural House Handbook. Sidnei: Conran Octopus, 1989.

PROCEL. Manual de Conservação de Energia Elétrica em Prédios Comerciais e Públicos. Rio de Janeiro: /s.n./, 1988.

ROMERO, Marcelo A. *O Peso das Decisões Arquitetônicas no Consumo de Energia Elétrica em Edifícios de Escritórios*. In: NUTAU'98 - Arquitetura e Urbanismo: Tecnologias para o Século XXI. FAU-USP, de 8 a 11 de setembro de 1998. Anais. FAU-USP, 1998.

ROMERO, Marcelo de Andrade, BARRETO, Douglas. *Consumo de Energia Embutido nos Materiais e na Produção de Edifícios*. In: ENTAC 95. Anais. Rio de Janeiro, nov. 1995.

ROMERO, Marcelo de Andrade. *Conservação de Energia e o Projeto de Arquitetura: uma Análise Geral*. Sinopses nº 16, p. 5-9. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, dez 91.

STEIN, Richard G., SERBER, Diane. *Energy Required for Building Construction*. WATSON, Donald. (org.) Conservation Through Building Design. New York: McGraw Hill, c 1979.

Venda da Vale Abate US$ 780 Milhões em Juros. O Estado De São Paulo. São Paulo, 27/04/97, p. B1.

V RECICLAGEM DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

V . a. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

O município de São Paulo gera diariamente 12 mil toneladas de lixo. Cada habitante produz, em média, 1 kilo de lixo por dia. O projeto de coleta seletiva do lixo, supõem que com o auxílio da sociedade, os dejetos são previamente separados em: vidros, metais, papéis, plásticos. Estes materiais são passíveis de reciclagem e podendo recuperar as características necessárias para o consumo, voltam a ser utilizados pela sociedade. A reciclagem permite a reutilização de matérias-primas, diminuindo a demanda por mais matéria, diminuindo o consumo energético e protegendo o meio-ambiente de mais e mais dejetos, que levariam até milhões de anos para serem decompostos pela natureza. (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, /s.d./)

Para uma tonelada de metais ferrosos reciclados, tem-se uma economia de 1100 a 1200 Kg de minério de ferro, de 420 a 450 Kg de carvão, 15 a 20 Kg de cal e 74% de energia. Ainda, a poluição do ar é reduzida em cerca de 85% e a poluição das águas, em 76%. (URBAN, 1996)

Se recicladas, uma tonelada de latas de alumínio (50.000) economizam 4 toneladas de bauxita, 95% de energia em relação ao processo primário de produção, além de uma enorme quantidade de água e de minimizar o impacto ambiental negativo causado pela lama vermelha (resultante do processo primário), que é altamente poluente. (URBAN, 1996)

Uma tonelada de papel reciclado, economiza 98.000 litros de água, de 17 a 20 árvores, 50% de energia, 50 vezes menos água, reduzindo a poluição do ar em 95%, em relação ao processo originário, a partir de árvores. (URBAN, 1996)

O vidro, quando reciclado, gera, para uma tonelada, uma economia de 80Kg de petróleo, 20%da quantidade de poluentes emitidos no ar, 50% dos poluentes despejados na água, além de uma grande quantidade de água e de energia necessária para fabricar o vidro inicialmente. (URBAN, 1996)

O plástico reciclado consome somente 10% da energia necessária para produzir igual quantidade pelo processo primário.

Os materiais orgânicos podem ser transformados em adubo orgânico pelo processamento em biodigestores em usinas de compostagem. Entretanto, há uma categoria de materiais que não são recicláveis e são portanto despejados em aterros sanitários. Estes são, por exemplo: porcelanas, celofane, isopor, pneus, cristais, lâmpadas fluorescentes, embalagens longa vida (acartonados parafinados e com alumínio), madeira, papel higiênico, aerosóis, papel carbono, pilhas, e filtros de ar de automóveis.

Pilhas e lâmpadas fluorescentes já tem tratamentos e processos de recuperação das substâncias perigosas, entretanto, no Brasil há pouquíssimos lugares capazes de executar tais processos

Os resíduos sólidos urbanos são compostos pelo lixo doméstico, comercial e institucional; pelas varrições e feiras livres; pelo entulho de construção; pelos resíduos dos serviços de saúde e hospitalares, portos, aeroportos e terminais ferro e rodoviários; pelos dejetos industriais, agrícolas e "especiais" (tóxicos).

As formas de disposição final para os resíduos urbanos são: o "lixão", o aterro controlado e o aterro sanitário. No "lixão", os detritos são

jogados em terrenos a céu aberto. São excelentes para o acumulo de aves de rapina, ratos e bactérias de toda espécie. Infelizmente, as vezes servem como fonte de recursos para populações mais carentes. No aterro controlado, os detritos recebem uma camada de terra, como recobrimento. Já no aterro sanitário, além das camadas de recobrimento com material inerte, o chorume (líquido altamente poluente, proveniente da decomposição) é recolhido e tratado, e os gases gerados pela decomposição do lixo são expelidos.

Além da separação dos recicláveis, das usinas de compostagem e dos aterros, há também os incineradores, geralmente utilizados para os detritos hospitalares.

À Prefeitura Municipal cabe a coleta, o transporte e a destinação final dos resíduos domiciliares, comerciais e públicos. As demais formas são de responsabilidade do gerador, mas cabe à Prefeitura orientar, regulamentar e fiscalizar, assegurando condições sanitárias e operacionais adequadas.

O lixo hospitalar, apesar de ser responsabilidade do gerador, acaba sendo coletado pela Prefeitura e incinerado.

No Brasil, 85% dos municípios tem abastecimento de água e 40% possuem redes de esgoto. São produzidas diariamente, 100 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos. Apenas 28% do lixo coletado recebe algum tipo de tratamento; destes, 23% são depositados em aterros sanitários, 3% é compostado, e 2% é reciclado. (URBAN, 1996)

Dos 4.425 municípios brasileiros, 88% lançam os resíduos a céu aberto e 12% depositam-nos em aterros. Aterros controlados somam 86%, enquanto que apenas 10% são aterros sanitários e 4% são aterros especiais. Apenas 1% dos municípios possuem usinas de compostagem, reciclagem ou incineração. (URBAN, 1996)

Todos os anos, o Brasil joga no lixo o equivalente a US$ 40 bilhões. Os índices do desperdício são alarmantes: 35% da produção de hortifrutigranjeiros, 33% da construção civil, 20% da produção de grãos, e de 20 a 50% da água não chega aos consumidores. (URBAN, 1996)

V . b. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E RECICLAGEM

Os resíduos de construção civil são gerados quer por demolições, obras em processo de renovação, quer por edificações novas, em razão do desperdício de materiais resultante da característica artesanal da construção. No Brasil, 98% das obras utilizam métodos tradicionais. (MARINHO, 1991)

No Brasil são gerados 0,55 ton/ano/habitante de entulho. Dos resíduos sólidos urbanos, 2/3 em massa são de entulho. Segundo estudo realizado pela I&T, Informações e Técnicas em Construção Civil, para a SSM - Secretaria de Serviços Municipais - São José dos Campos, em 1995, o entulho representava 64,76 % dos resíduos sólidos urbanos, em massa. Os demais 35 % eram compostos por lixo domiciliar, comercial, hospitalar, material de poda e varrição. Estudos sobre os desperdícios na construção civil desenvolvidos por Pinto (1989, citado por PINTO, 1995) apontam índices de 20%; semelhantemente, Picchi (1993, citado por PINTO, 1995) chega a valores entre 11 e 17%, considerando apenas o entulho - não leva em conta a recuperação da geometria. Os valores referem-se à porcentagem da massa de materiais colocada em canteiro.

Segundo Pinto (1992), os fatores, plenamente superáveis, que determinam esse desperdício, podem ser descritos genericamente como:

- ◊ insuficiência de definição em projetos;
- ◊ ausência de qualidade nos materiais e componentes de construção ofertados ao mercado;

◊ ausência de procedimentos e mecanismos de controle na execução, que acabam provocando: perda na estocagem e transporte em canteiro; carência de controle geométrico; ausência de prumo, nivelamento e planicidade na edificação; acréscimo no consumo de materiais para recuperação da geometria.

No atual contexto global, é fundamental melhorar e otimizar os processos de construção. Entretanto, a reciclagem de entulho entra como solução para os materiais que são inevitavelmente perdidos.

A reciclagem transforma as montanhas desordenadas de material de construção, em pilhas de matéria-prima, que serve tanto para obras prediais como para obras públicas. Há dois caminhos para transformar as perdas em lucro: um para a iniciativa privada e outro para as prefeituras.

Os rejeitos de construção sofrem destinos diferentes: o aço é muitas vezes comercializado, já as madeiras, quando não vendidas, são removidas na forma de "entulho leve". Segundo o arquiteto Tarcísio de Paula Pinto, diretor técnico da I&T: "O entulho típico, material pesado removido da obra, é constituído majoritariamente (60%) pelas perdas de argamassa. O restante do material retirado no final das obras são restos de componentes de vedação (tijolos, blocos e materiais de revestimento)." (PINTO, 1989/90)

Embora ainda não existam estatísticas de todo o país, na média, o entulho que sai dos canteiros de obra brasileiros é composto (CAMARGO, 1995) basicamente por:

◊ 64% de argamassa;

◊ 30% de componentes de vedação (tijolos e blocos);

◊ 6% de outros materiais (concreto, pedra, areia, metálicos e plásticos).

Disto conclui-se que é possível triturar mais de 90% do entulho (argamassas e componentes de vedação), para ser utilizado como agregado, na produção de componentes de construção e argamassas.

Os Prejuízos da Não Reciclagem

A deposição dos resíduos de construção na malha urbana, de forma descontrolada, acarreta uma série de custos ambientais, dos quais a URBAN (1996) destaca:

◊ montes de entulho agregam lixo e se tornam abrigo de vetores transmissores de doenças (ratos, baratas, moscas, mosquitos) e de animais peçonhentos (cobras, escorpiões);

◊ entulho nas vias públicas e córregos afeta a drenagem e a estabilidade das encostas;

◊ ocorre degradação da paisagem urbana;

◊ ocorre desperdício de recursos naturais não-renováveis;

◊ ocorre redução da vida útil dos locais adequados para aterramento dos resíduos não-renováveis.

Figura V.1 – "Bota-fora" clandestino: degradação de bairros inteiros e obstrução de córregos, agravando o problema das enchentes.

Fonte: CAMARGO, 1995.

Além dos custos ambientais, há os custos referentes ao gerenciamento da deposição clandestina, e ao não aproveitamento desses

dejetos que poderiam ser reciclados e utilizados em obras públicas. Dá-se início a um processo de transferência de custos: a irracionalidade da construção se transforma em custo social. A reciclagem de entulho tem, como principal objetivo, transformar esses custos sociais em custos públicos ou privados, onde todos os agentes que intervêm no processo de geração dos resíduos de construção deverão ser atingidos. (PINTO, 1992) Assim, pode se começar a inverter o processo, extraindo do próprio problema, soluções para outras demandas, pela geração de materiais de baixo custo e boas características.

Objetivos da Reciclagem

Pinto (1994 b), então define os principais objetivos dos programas de reciclagem:

- ◊ melhoria do meio-ambiente pela redução do número de áreas de deposição clandestina, conseqüentemente reduzindo os gastos da administração pública com gerenciamento de entulho;
- ◊ aumento da vida útil de aterros pela disposição organizada dos resíduos, formando bancos para utilização futura;
- ◊ aumento da vida útil das jazidas de matéria-prima, na medida em que são substituídos por materiais reciclados;
- ◊ produção de materiais de construção reciclados com baixo custo e ótimo desempenho.

O Processo e o Maquinário da Reciclagem

Enquanto as usinas de reciclagem municipais utilizam máquinas de mineração, as obras prediais são atendidas por um equipamento móvel de pequeno porte. O moinho tritura entulho à base de argila, concreto e restos de argamassa, formando um agregado fino para argamassa de assentamento ou revestimento. Para o entulho "na rua", 1,2 toneladas correspondem a 1 m^3. Já para o entulho britado, 1,6 toneladas correspondem a 1 m^3.

No Brasil, existem duas alternativas de maquinário no mercado, ambas com custo em torno de 11 mil reais. O moinho e argamasseira da Anvi e o Amassador Alfa , fabricado pela Mecânica Alfa.

Figura V.2 – A esteira transporta o material britado, formando pilhas de agregado reciclado.
Fonte: CAMARGO, 1995.

O processo de reciclagem de entulho municipal envolve todo um planejamento, uma infra-estrutura administrativa, pequenos locais de apoio para organização e triagem do entulho e a estação de reciclagem propriamente dita. A instalação completa da usina consome 112,5 kVA. Para uma usina com capacidade de processar 40 ton/hora são necessários os seguintes investimentos:

- ◊ R$ 130.000 para maquinário
- ◊ R$ 40.000 para as peneiras granulométricas

◊ R$ 120.000 em obras de infra-estrutura (guaritas, arrimos, caixa d'água etc)

Há dois métodos utilizados para a reciclagem do entulho: por moedores e por britadores. O processo de reciclagem por britadores passa basicamente pela seleção, limpeza, trituração e classificação granulométrica dos materiais, para posterior utilização específica.

No Brasil há duas empresas que fornecem esse tipo de equipamento: a Maq Brit e a Nortec. A Nortec, que comprou a Rasemag, é representante da Norberg no Brasil. A Rasemag havia vendido alguns exemplares de britadores velhos e enferrujados à Maq Brit, a qual desmontou essas máquinas para copiá-las e comercializá-las. (I&T, 1996)

Cuidados Ambientais

Figura V.3 – Pilha de material reciclado.
Fonte: CORBIOLI, 1996.

A estação de reciclagem é composta por vários equipamentos pequenos e modernos, projetados com segurança para operar em área urbana. Não traz qualquer risco para a região, nem qualquer incômodo à população.

Figura V.4 – O eletroímã sobre a correia retira metais para não contaminar os agregados.
Fonte: CORBIOLI, 1996.

Segundo o diretor técnico da Maq Brit (CORBIOLI, 1996), o equipamento instalado no bairro do Estoril, em Belo Horizonte, sofreu alterações para adaptar-se ao projeto. Como tratamento acústico, foram colocadas mantas de borracha e para evitar a formação de nuvens de pó, colocaram-se nebulizadores na entrada do triturador e na correia, que faz a pilha do granulado. O ruído causado pelo britador não chega a 50 dB.

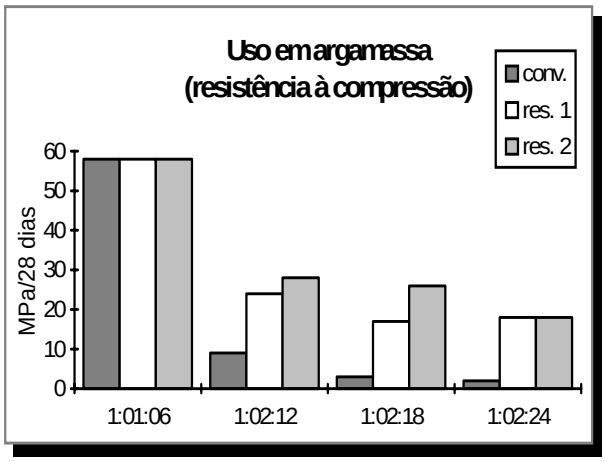
É indicado, a criação de um cinturão verde no perímetro da usina para impedir a entrada de passantes e para criar uma barreira adicional ao pó e ao ruído remanescentes, criados pelo britador. Sem dúvida, o verde dá um aspecto de consciência ecológica ao conjunto.

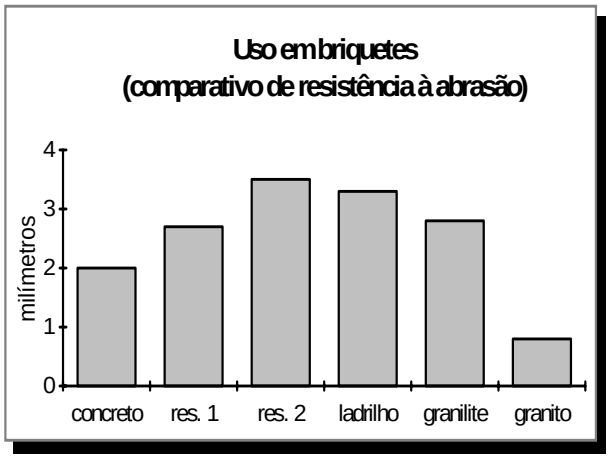
Qualidades Físico-Químicas dos Agregados Reciclados

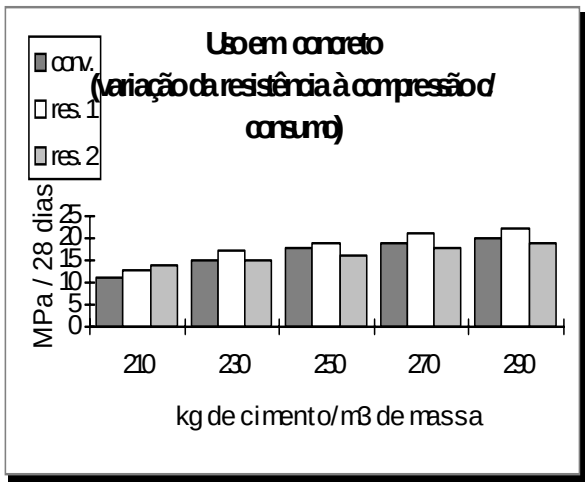
Alguns levantamentos de desempenho das argamassas com agregados reciclados foram realizados por várias empresas, entre elas a Testin-

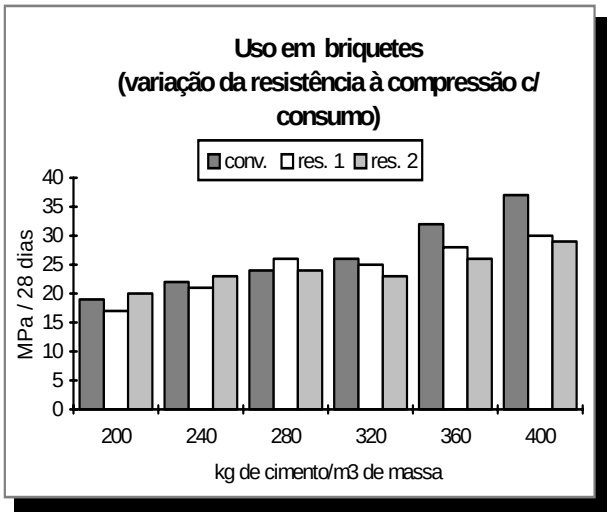
Tecnologia de Materiais, Betontec-Tecnologia e Engenharia, e Teste-Engenharia do Concreto. (CAMARGO, 1995) Esses trabalhos basearam-se em análises de comparação entre a argamassa tradicional e outra proveniente de entulho, além de vários ensaios de desempenho.

Os principais resultados demonstraram que o produto feito de entulho chega a apresentar resistência praticamente três vezes superior à argamassa tradicional. O engenheiro civil André Natenzon (CAMARGO, 1995), diretor comercial da Anvi, explica que isso se deve à pozolana, em maiores concentrações, proveniente da moagem de blocos cerâmicos. Natenzon, ainda comenta a excelente resistência desse material ao arrancamento e afirma que o seu módulo de elasticidade é maior do que o de argamassas tradicionais.









Traço = cimento: brita: agregado

Conv. = agregados convencionais

Res. 1 = agregados provenientes de resíduos de argamassa e concreto

Res. 2 = agregados provenientes de resíduos de argamassa e cerâmicos

Quadro V.1 – Propriedades físicas de diferentes agregados reciclados.

Fonte: PINTO, 1992.

Os reciclados de entulho são agregados e componentes com características variáveis, que devem ser conhecidas, para poder se determinar a sua aplicação mais adequada. Os resultados obtidos por Pinto demonstram com claridade as diversas qualidades dos agregados reciclados, como se observa nos gráficos apresentados.

Figura V.5 – Corpos de prova preparados pela I&T. Os ensaios mostram a adequação a argamassas e concretos não- estruturais.

Fonte: CAMARGO, 1995.

Algumas restrições (CORBIOLI, 1996) quanto ao uso de agregados reciclados:

- ◊ argamassas à base de entulho são porosas, não devendo ser utilizadas como impermeabilizantes;
- ◊ de modo geral, os produtos à base de entulho reciclado não devem ser utilizados onde haja exigências estruturais;
- ◊ gesso e EPS - poliestireno expandido são os grandes inimigos da reciclagem: a massa com gesso perde a liga, com EPS perde resistência.

V . c. EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS

As experiências de reciclagem de entulho modernas tiveram início após a Segunda Grande Guerra, nos países da Europa. Movidos pela escassez financeira e de matérias-primas, vários países lançaram mão de britadeiras utilizadas em pedreiras. Assim, moiam o entulho para reutilizá-lo na reconstrução de suas cidades.

Atualmente, uma consciência de respeito, com o nosso meio ambiente natural e construído, inspira-nos a valer-nos dessa tecnologia. Experiências em maior escala vêm sendo realizadas por algumas prefeituras brasileiras e vêm apresentando dados favoráveis, são elas: São Paulo, Santo André, Londrina, Belo Horizonte, São José dos Campos, Ribeirão Preto e Ilha de Paquetá. Não fossem a desinformação da população e a morosidade das administrações públicas, certamente seria maior o número de projetos implantados. Apresentamos algumas dessas experiências, quer estejam em funcionamento, ou ainda no papel.

São Paulo

A capital do Estado gera, em torno de, 2 mil toneladas de entulho diários; o que representa 500 viagens por dia. (PINTO, 1992) Esses números não incluem o material depositado em terrenos baldios ou nas margens dos rios.

O material de entulho é, na maioria das vezes, retirado da obra por pequenos transportadores que depositam-no indiscriminadamente pelo tecido urbano. A situação é contrastante: em 1991, segundo a LIMPURB (PINTO, 1994a), eram 7 áreas disponíveis para deposição, contra 412 localizações de deposições ilegais detectadas.

A Prefeitura Municipal de São Paulo, durante a administração da prefeita Luíza Erundina, em 1991, implantou a primeira usina de reciclagem do hemisfério sul, hoje desativada, a um custo de pouco mais de um milhão de dólares (CORBIOLI, 1996). A usina de Itatinga tinha capacidade para reciclagem de 700 m^3/dia e, durante algum tempo,

o material britado foi empregado na pavimentação de vias públicas. (CAMARGO, 1995)

Figura V.6 – Usina de Itatinga, no extremo sul de São Paulo.

Fonte: CORBIOLI, 1996.

Localizada na zona sul da cidade, a usina contaria com a parceria da Emurb - Empresa Municipal de Urbanização, para produção de 20 mil blocos de concreto/dia (PINTO, 1992). Em 1993, estava pronto o projeto para a fábrica de componentes, acoplada à estação de reciclagem. As projeções da I&T, para a época, indicavam que os componentes de construção feitos de rejeitos chegariam a cerca de 70 % mais baratos que os de mercado (CAMARGO, 1995).

Devido à falta de planejamento, essas instalações situam-se na periferia da cidade, não havendo

Figura V.7 – Usina de Itatinga (São Paulo, 1992). As pilhas de material reciclado, separadas por diferentes granulometrias. Na frente, vê-se o "novelo" de arames e aço.

Fonte: CAMARGO, 1995.

Figura V.8 – Usina em Belo Horizonte, convivendo pacificamente com a vizinhança. Taludes e árvores ajudam a controlar poeira e ruídos.

Fonte: CORBIOLI, 1996.

postos intermediários de recepção, muito menos uma sistemática de coleta. Infelizmente, a usina fôra invadida pela população carente e suas máquinas quebradas, além de ser utilizada como depósito de materiais orgânicos. Segundo o engenheiro José Antônio Ribeiro de Lima, da I&T, a prefeitura está em vias de transferir a usina para uma área, próxima à Rodovia Raposo Tavares, na altura do quilômetro 21.

A Limpurb, órgão da prefeitura responsável pela limpeza da cidade, contrata a Logos Engenharia para gerenciar o sistema de lixo e entulho. Esta, por sua vez, subcontrata a Engecorp, responsável pela área técnica de tratamento. Segundo a Logos, a remoção de entulho tem duas faixas de custo, de acordo com a quilometragem percorrida. Para distâncias de até 10 quilômetros, o preço é de 22,81 reais/tonelada, e sobe para 24,72 reais/tonelada para distâncias de até 20 quilômetros. Ao todo, são 150 mil toneladas/mês de entulho e 20 mil viagens para removê-lo; ou seja, uma despesa para o município de 3,42 milhões de reais mensais (CORBIOLI, 1996).

Belo Horizonte

Em 1993, a cidade de Belo Horizonte gerava 1,2 mil toneladas/dia (1000 m^3/dia) de entulho e mais de 1,8 mil toneladas/dia de terra, que eram despejados em 134 pontos clandestinos e 15 locais oficializados para aterro desse tipo de resíduos. Como outras cidades brasileiras, Belo Horizonte vem perdendo seus aterros sanitários gradativamente, por simples esgotamento: dos 12 que havia em 1993, sobravam 7 em 1995 (CAMARGO, 1995).

O custo anual de remoção dos detritos em locais clandestinos, 425 m^3 diários, era superior a um milhão de dólares, ou seja, 9,5 dólares por m^3. (CAMARGO, 1995) Foi então que a SLU - Superintendência de Limpeza Urbana encomendou à I&T o projeto para o Programa de Reciclagem de Entulho de Belo Horizonte, que prevê quatro usinas de reciclagem.

Segundo o arquiteto Tarcísio de Paula Pinto, diretor técnico da I&T, o projeto partiu de um diagnóstico minucioso sobre os pontos de deposição clandestinos e concluiu que a cidade comportaria, além das quatro usinas de reciclagem localizadas em áreas estratégicas, mais 17 pontos de recepção de entulho, sempre próximos aos depósitos clandestinos. (CORBIOLI, 1996)

Uma das fases mais importantes do projeto, para a região oeste do município, prevê a instalação de uma rede de quatro estações de recepção de resíduos e nucleamento de coletores, montada em áreas públicas de pequeno porte. Esses locais recebem gratuitamente pequenos volumes de até 2 m^3, de resíduos de qualquer natureza: entulho de construção, material de desaterro, aparas de vegetação e de madeira e bens de consumo inúteis. Estas estações seriam responsáveis pela classificação e organização dos diversos resíduos, para uma remoção racionalizada. Outro serviço prestado à comunidade seria o atendimento telefônico para providências de retirada de pequenos volumes por coletores credenciados, que se utilizem de veículos de qualquer tipo, com capacidade máxima de 2 metros cúbicos.

Em novembro de 1995, inaugurou-se a primeira usina, que hoje processa cerca de 100 toneladas/dia de resíduos da construção no bairro do Estoril. Desse volume, cerca de 5% não tem características recicláveis e são encaminhados para aterros. A usina custou à prefeitura 150 mil dólares, incluindo equipamentos e obras civis, um valor razoável, já que se gastava 3 mil dólares/dia com o trabalho de coleta, transporte e deposição final desse material. (CAMARGO, 1995)

Os moradores da Pampulha foram muito favoráveis à implantação da segunda usina da cidade, pois o bairro encontrava-se em processo de degradação, devido às deposições clandestinas.

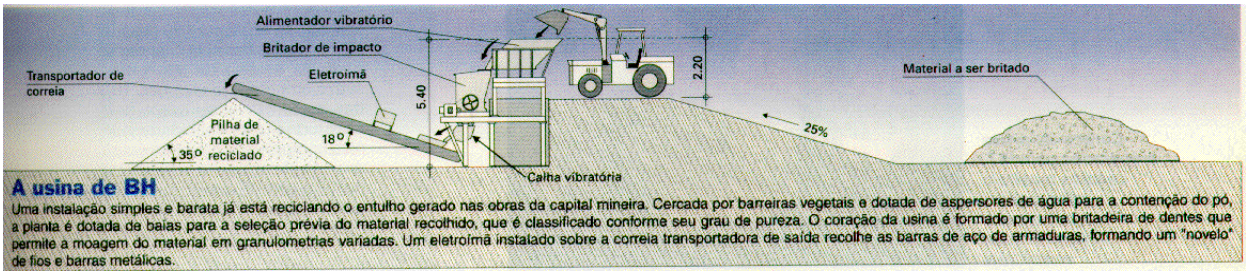

Alimentador vibratório
Britador de impacto
Eletroímã
Transportador de correia
5.40
2.20
Material a ser britado
Pilha de material reciclado
35°
18°
25%
Calha vibratória
A usina de BH
Uma instalação simples e barata já está reciclando o entulho gerado nas obras da capital mineira. Cercada por barreiras vegetais e dotada de aspersores de água para a contenção do pó, a planta é dotada de baias para a seleção prévia do material recolhido, que é classificado conforme seu grau de pureza. O coração da usina é formado por uma britadeira de dentes que permite a moagem do material em granulometrias variadas. Um eletroímã instalado sobre a correia transportadora de saída recolhe as barras de aço de armaduras, formando um "novelo" de fios e barras metálicas.

Figura V.9 – Usina de Itatinga (São Paulo, 1992). As pilhas de material reciclado, separadas por diferentes granulometrias. Na frente, vê-se o "novelo" de arames e aço.

Fonte: CAMARGO, 1995..

Segundo o diretor técnico da SLU, João Mello Pereira Filho (CORBIOLI, 1996), os moradores queriam a usina como meio de preservar a qualidade de vida.

O projeto da I&T prevê que, com as quatro estações de reciclagem, os pontos de coleta, além do trabalho de fiscalização e educação ambiental, a reciclagem atinja 8,8 mil toneladas/mês e conseqüente produção de 5.500 m^3 de agregados reciclados, com redução de 80 % no custo da produção (CAMARGO, 1995). Os reciclados poderiam então ser utilizados em várias frentes de trabalho:

- ◊ sub-base ou tratamento primário de ruas: 4 mil m/mês;
- ◊ briquetes para calçadas: 35 mil m/mês;
- ◊ blocos para muração: 40 mil m/mês;
- ◊ agregados para "rip-rap" - contenção de encostas ou canalizações: 1,8 mil m/mês;
- ◊ blocos para alvenaria: 920 casas populares/mês, com 40m^2.

Como medida de incentivo, a Prefeitura de Belo Horizonte está propondo a isenção da taxa de habite-se para as obras cujos resíduos tenham sido encaminhados à usina.

São José dos Campos

O município de São José dos Campos, situado no vale do rio Paraíba, no estado de São Paulo, possue uma população de 530 mil habitantes, de acordo com estimativas da URBAM - Urbanizadora Municipal. Sabe-se que o município gera 673 toneladas diárias de entulho, acarretando, para a prefeitura municipal, um gasto anual de US$ 1.160.000, com gerenciamento de entulho. Portanto, para uma produção de 109 mil toneladas anuais, a municipalidade tem um custo de 10,66 dólares/tonelada. (SSM, 1995)

A cidade tem atualmente, 150 áreas de deposição clandestina, onde são despejados 7543 m^3/mês. (SSM, 1995) Oficialmente, existem 3 pontos de bota-fora para deposição de entulho; o quarto ponto da cidade está atualmente desativado por esgotamento.

A empresa de consultoria I&T, preparou para a SSM - Secretaria de Serviços Municipais, um dossiê onde apresenta o diagnóstico e as diretrizes para implantação do Programa Bairro Limpo. Infelizmente, a primeira usina que já deveria estar em funcionamento (ao lado do parque João do Pulo) não foi implantada por haver sido mal entendida pela população local, como um aterro sanitário. Essa desinformação gerou mobilizações junto à Câmara dos Vereadores e contra-respostas por parte da SSM, através de jornais informativos. Possivelmente, na próxima administração haverá uma nova tentativa de aprovação do projeto, pois o entusiasmo da SSM é grande. A máquina britadeira da Maq Brit já fôra adquirida (por R$ 86 mil), mas encontra-se desativada.

Segundo o relatório da I&T, a Prefeitura Municipal de São José dos Campos tinha, para o ano de 1995, uma demanda por produtos reciclados (239.052 ton) equivalente ao total de resíduos potencialmente recicláveis (209.976 ton) (SSM, 1995). O projeto de reciclagem segue os moldes do projeto de Belo Horizonte e prevê:

a) Cinco pontos de recepção: para pequenos volumes de até 2 m^3, excluindo-se lixo doméstico, industrial e hospitalar. Deverá possuir atendimento telefônico para acionamento de coleta. Estas áreas deverão ser posicionadas nos bairros de renda média e alta.

b) Nove pontos de troca: para disposição de pequenos volumes e troca de resíduos por material reciclado, principalmente na forma de

areia e tijolos. Deverão ser posicionadas em bairros de menor renda.

c) Dois bancos de solos: áreas onde material de desaterro é classificado e estocado para uso futuro.

d) Duas estações de reciclagem: para produção de agregados e componentes a partir da fração aproveitável dos resíduos captados pelo sistema.

V . d. POLÍTICAS, PARCERIAS E CONSCIENTIZAÇÃO

O Programa Bairro Limpo de São José dos Campos declara que:

> A intenção de gerir adequadamente os resíduos da construção, dentro de parâmetros de qualidade que apontem para a satisfação da totalidade dos munícipes deve se corporificar em políticas de curto e médio prazo lastreadas nos princípios de simplicidade, facilitação, incentivo, interação e busca de melhoria contínua. (SSM, 1995)

O Programa busca inverter a atual situação em que a administração pública corre atrás dos resíduos e dos problemas que eles causam, ofertando áreas fiscais com localização estudada para a disposição correta. É preciso reorganizar práticas atuais que são corretas, abolir as práticas incorretas e introduzir novas práticas, sistematizando uma nova forma de resolver os problemas, com muito mais eficiência e menores custos.

A prefeitura de São José dos Campos acredita que para o sucesso do programa Bairro Limpo é imprescindível o envolvimento de setores externos à administração pública; estabelecendo parcerias transparentes com cada um dos agentes da sociedade. Para tal, cabe aos diferentes agentes sociais, os papéis colocados na tabela acima.

Agente	Papel
Construtores:	Reduzir na fonte, reutilizar, reciclar.
Munícipes:	Dispor corretamente os resíduos, exercer o controle local, dispor rejeitos corretamente.
Poder Público:	Ativar instrumentos financeiros e tributários; incentivar a reutilização e reciclagem dos subprodutos; alargar a disponibilidade de uso de material reciclado; promover orientação, educação e controle para uma ação correta.

Quadro V.2 – O papel dos agentes sociais na reciclagem de resíduos da construção.

Fonte: SSM, 1995

São as seguintes, de acordo com Pinto (1994 b), as atividades necessárias para implementação do programa de reciclagem:

- ◊ otimização das atividades dos pequenos coletores de resíduos;
- ◊ mudança na ação dos agentes públicos no sentido de atuar como instrutores e não como agentes penalizantes;
- ◊ melhoria na cadeia de informação sobre deposição de resíduos e reciclagem a fim de mudar os hábitos das pessoas envolvidas com a industria da construção;
- ◊ implementação de serviços de recuperação ambiental em áreas previamente degradadas;
- ◊ incentivo à reciclagem de resíduos e à utilização de resíduos reciclados;

◊ definição de uma política de reciclagem e utilização de materiais reciclados em obras públicas.

V . e. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, Antonio. *Minas de Entulho*. Téchne, nº 15, Ed. Pini, São Paulo, mar/abr 1995.

CORBIOLI, Nanci. *Do Caos à Solução*. Construção, São Paulo, Ed. Pini, nº 2505, fev. 1996.

I&T - Informações e Técnicas em Construção Civil. Entrevista do engenheiro José Antônio Ribeiro de Lima. São Paulo, nov. 1996.

MARINHO, Gabriela. *Em Busca da Produtividade no Canteiro*. Notícias Duradoor. Informativo Duratex, São Paulo, nº 27, ano VII., mar 1991.

PINTO, Tarcísio de Paula. *Construction Wastes as Raw Materials for Low-Cost Construction Products*. In: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE OF CIB, TG 16, nov. 1994, Tampa. Anais. Michigan, 1994 b.

PINTO, Tarcísio de Paula. *De Volta à Questão do Desperdício*. Construção, São Paulo, Ed. Pini, nº 2491, nov. 1995.

PINTO, Tarcísio de Paula. *Desperdício em Xeque*. Revestimentos. São Paulo, 1989/1990.

PINTO, Tarcísio de Paula. *Entulho de Construção: Problema Urbano que Pode Gerar Soluções*. Construção, São Paulo, Ed. Pini, nº 2325, ago. 1992.

PINTO, Tarcísio de Paula. *Reciclagem de Resíduos de Construção e Possibilidades de Uso de Resíduos Reciclados em Obras Públicas*. In: SEMINÁRIO RECICLAGEM DE RESÍDUOS PARA REDUÇÃO DE CUSTOS NA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL, jul. 1994, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte, 1994 a.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, SECRETARIA DE SERVIÇOS E OBRAS. Lixo: A Coleta Seletiva na Escola. /s.n.t./.

SSM. Programa Bairro Limpo, (resumo). São José dos Campos, 1995.

URBAN. Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos, [apostila de dados]. São José dos Campos, 1996.

VI OS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

VI . a. PRINCÍPIOS DA CIÊNCIA DOS MATERIAIS

Diversas são as formas de classificar os materiais do universo, sejam eles naturais ou feitos por ação humana. Segundo a Ciência dos Materiais, os materiais classificam-se em três grandes famílias: metais, cerâmicos e polímeros.

Esta divisão é fruto do enfoque dado por esta ciência aos materiais. Ela busca compreender a estrutura física (e não química) dos materiais para explicar os porquês de seu comportamento, ou seja, busca uma relação de causa-efeito para explicá-los e não aceita uma simples correlação de material/característica. Graças e este enfoque é que ela se revela como uma ciência muito útil à compreensão dos materiais de construção civil.

A maioria dos materiais de construção não são moleculares, mas são organizados em forma de cristais; ou seja, são arranjos tridimensionais de átomos, de forma regular e repetitiva, em formações cúbicas, tetragonais, hexagonais, octaédricas etc., ao contrário das ligações moleculares que exigem ligações químicas entre átomos, constituindo um número determinado de átomos que formam uma molécula.

Por exemplo, o carbono (C), dependendo de seu arranjo espacial, pode constituir o diamante ou o grafite, ambos cristalinos; materiais, porém, que tem aparências e características de resistência muito diferentes. Como materiais de construção cristalinos, podemos citar os metais e as rochas de modo geral. Já como exemplos de materiais moleculares, estão a água e os plásticos.

Os materiais cristalinos "crescem" enquanto encontram cristais adjacentes e até serem detidos por alguma barreira. Em nenhum momento estes cristais lembram a forma de pedras preciosas lapidadas, muito pelo contrário, de modo geral, formam uma massa, de forma irregular e opaca. As condições para a cristalização são altas temperaturas e longos períodos.

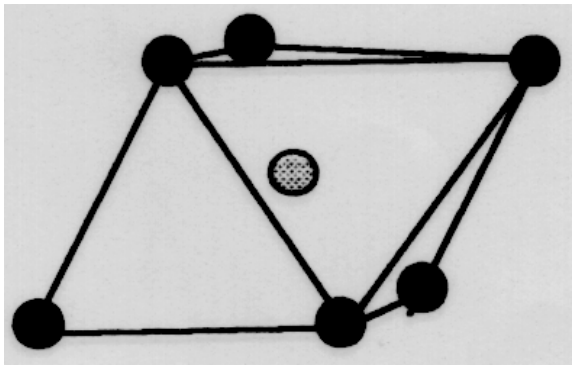


Figura VI.1 – Representação esquemática de estrutura cristalina, octaedro.

Fonte: LIMA, 1997, p. 9.

As estruturas cristalinas são resistentes à deformidade; cada átomo dentro de sua retícula, quase não pode se mover, porque está "preso" pelos outros átomos, e necessitaria também movê-los. Nestas estruturas, o empacotamento é muito grande, constituindo materiais de grande resistência à deformidade. Por exemplo, é necessária muita força para se dobrar uma chapa de aço.

O vidro é um material que foge a essa classificação, pois não atingiu sua fase cristalina,

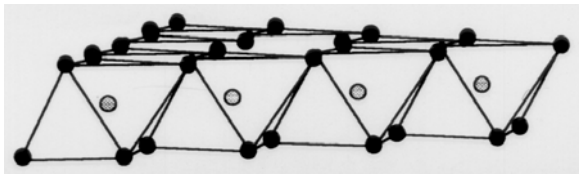


Figura VI.2 – Arranjo de octaedros em folha.

Fonte: LIMA, 1997, p. 10.

sendo resfriado rapidamente, é amorfo. Também por isso, sua resistência é menor. Plásticos de construção, como PVC, também são materiais amorfos.

Alguns materiais de construção são complexos, pois possuem diferentes "fases", aqui significando uma parte homogênea do sistema, fisicamente separável das outras fases. Eles podem possuir fases cristalinas, amorfas e moleculares, num mesmo momento, pelo que são chamados de materiais polimórficos. Estes materiais tem para cada fase, propriedades químicas, físicas e mecânicas diferentes.

Como materiais monofásicos podemos citar a água; o aço; as pastas de cal, gesso, cimento; o vidro e as cerâmicas não vermelhas.

Nos metais, os átomos arranjam-se em cristais. São dotados de uma elevada condutividade térmica e elétrica. São opacos porque os elétrons de seus átomos tem grande liberdade de movimento. Pertencem à família dos metais, todos os metais e as ligas metálicas.

Já os polímeros possuem baixa densidade, são isolantes e constituídos de macro-moléculas (portanto não são cristalinos), contendo elementos de carbono, hidrogênio, cloro e oxigênio, em ligações covalentes (compartilham pares de elétrons). Todas as madeiras, os plásticos, os derivados de petróleo (selantes e impermeabilizantes) são chamados polímeros.

As cerâmicas, por sua vez, são um composto de metais e não metais, geralmente uma fase cristalina mergulhada numa fase amorfa. São conhecidas pela sua dureza e pelo seu bom isolamento térmico e elétrico. São materiais inertes, ou seja, resistentes quimicamente. Desta família fazem parte todas as cerâmicas chamadas brancas, vermelhas e refratárias; os vidros; cimentos; agregados; materiais cerâmicos sintéticos e as rochas.

VI . b. DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO: ENERGIA E MEIO AMBIENTE

Tendo os conceitos da Ciência dos Materiais em mente, é possível melhor compreender uma classificação corriqueira e mais ampla qualquer, que se faça no setor da construção civil. A divisão aqui adotada, seguirá a classificação de Pearson (1989, p. 132-168), que subdivide os materiais de construção em: pedras, vidros e gessos, metais, terra, madeiras, canas e gramíneas, fibras naturais, pinturas e vernizes, e plásticos.

Pedras

As pedras podem ser de origem ígnea, sedimentária ou metamórfica. O granito é a principal pedra utilizada na construção e de origem ígnea. Uma mistura de feldspato, mica e quartzo. Uma pedra resistente ao tempo, à água, forte e durável. O granito existe em diversas cores, desde cinzas, a brancos e vermelhos.

As rochas sedimentares são formadas pela erosão de rochas ígneas, partículas que se depositaram por milhares de anos, em leitos de rios, e que variam em cores desde os dourados, cinzas, até os rosas. Exemplos são a pedra São Tomé e Madeira.

As rochas metamórficas são rochas ígneas ou sedimentares que passaram por enormes variações de pressão e altas temperaturas. Mármore e alabastro são rochas metamórficas.

Brita e pedriscos são extraídos da superfície, enquanto que grandes blocos de pedra são escavados em minas e serrados em pequenos blocos ou lâminas, ou quebrados em peças irregulares. As pedras são utilizadas com acabamentos polidos, de forma a ressaltar o brilho

dos grãos, ou com acabamentos mais ou menos rústicos (levigado, apicoado). Podem ser assentadas com massa de assentamento ou simplesmente com junta-seca.

As pedras de modo geral não são poluentes, entretanto, o radônio presente em algumas minas de extração pode prejudicar a saúde dos trabalhadores, assim como o ar por eles respirado, contendo partículas de sílica. Do ponto de vista ambiental as minas de extração desfiguram a paisagem e envolvem grandes consumos energéticos para a exploração e transporte de pedras.

Vidros e Pastas

Os vidros comuns hoje em dia são baratos, porém ainda mostram-se muito frágeis. Já os vidros temperados chegam a ser até 5 vezes mais resistentes e quando quebrados, partem-se em pequenos pedaços, menos perigosos que as lascas de vidro comum. Os vidros laminados, por sua vez, consistem de várias chapas de vidro intercaladas por filmes plásticos. Ao quebrarem, estes vidros permanecem aderidos ao filme sem se esparramar. Os vidros aramados também evitam que os cacos se espalhem, ficando presos à malha e funcionando como barreira a intrusos em janelas e coberturas. Existem vidros especiais, desenvolvidos para controle de ganho solar e perdas térmicas.

As pastas existem também em diferentes tipos, dependendo de sua composição e origem. A pasta de cal é a mais antiga e fina das pastas. A pasta de gesso, geralmente utilizada para confecção de ornamentos, é um material barato e de fácil modelagem, por ser maleável e plástica; é feita a partir de sulfato de cálcio. Outro tipo especial de pasta é o cimento Portland, cujas características de alta resistência se presam à confecção de peças estruturais rígidas.

A fabricação do vidro consiste na mistura de sílica (areia), óxido de sódio, e óxido de cálcio (cal), além de óxidos minerais e corantes. Esta mistura é então derretida, a uma temperatura de 1500 ^{o}C, modelada e resfriada para impedir a sua cristalização e a formação de trincas. As modernas técnicas de fabricação do vidro permitem a confecção de chapas planas com espessuras específicas. O processo conhecido como *float* consiste em extrudar o vidro derretido e resfriá-lo ao longo de um tanque de líquido, de maior densidade que o vidro, o que o faz flutuar. A seguir as chapas passam por diferentes tratamentos segundo as características desejadas (laminação, têmpera) e as dimensões necessárias. As colorações e algumas de suas características físicas dependem da introdução de aditivos em sua fase inicial de produção.

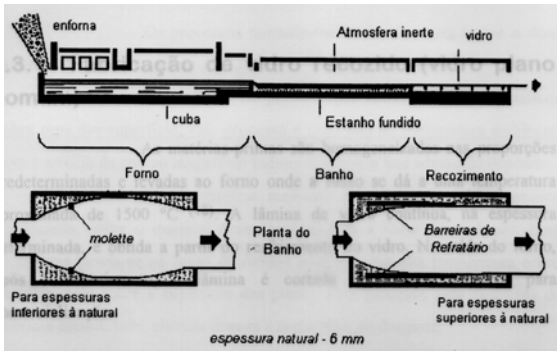


Figura VI.3 – Processo de fabricação de vidro* float *(Pilkington).

Fonte: O Vidro na Arquitetura, 1992.

A pasta de cal é feita da mistura de cal hidratada e areia, juntamente com água. Materiais fibrosos, tais como fibras vegetais ou pêlo animal reforçam sua resistência à flexão. O gesso é produzido a partir do aquecimento e moagem de sulfato de cálcio. O cimento Portland é feito a partir de cal e argila. Quando misturado com agregados como areia e brita, mais água, geram as argamassas e os concretos.

Tanto as pastas, quanto os vidros, são feitos a partir de materiais naturais, que existem em abundância e não são poluentes. Entretanto, o vidro é um material de características isolantes pobres, tanto térmica quanto acusticamente, a não ser que utilizado de forma combinada, duplo ou triplo com camadas refletivas, ou laminado refletivo. Já nas pastas, a ação das águas de chuva e variações de temperatura provocam trincas e desgastes.

Os processos de extração de matéria-prima e fabricação desses materiais, provocam alterações na paisagem e a produção do vidro requer grandes quantidades de energia, além de gerar poluição pela queima de combustíveis.

A vantagem do vidro é que, é facilmente reciclável e reutilizável; entretanto, é necessário que sejam adotadas estratégias para a coleta e reciclagem dos vidros descartados.

Metais

A variedade de metais disponíveis para utilização pelo homem, atualmente, é enorme. Para utilização na construção civil, estão: o aço, zinco, cobre, alumínio e ferro. As aplicações variam: desde telhas, rufos e calhas, até tubos, dutos, cabos e fios, além de aplicações estruturais, caixilharia e revestimentos.

Todos os metais são preciosos. As jazidas de onde provem são fontes não renováveis. Apesar de 75% dos 80 minerais dos quais dependemos, serem abundantes o suficiente para atender às nossas necessidades, há cerca de 20 (incluindo chumbo, estanho, tungstênio e zinco) que mesmo sendo recuperados e reciclados estão se tornando cada vez mais escassos.

Apesar de quase metade do ferro utilizado na fabricação do aço ser proveniente de ferro velho e quase um terço do alumínio produzido ser reciclado, é necessário melhorar esses índices. A reciclagem do alumínio, por exemplo, requer apenas 5% da energia necessária para produzir alumínio primário.

Terra

A terra é um material abundante e de fácil acesso, podendo ser retirada no próprio local a um custo muito baixo. Em regiões muito áridas, a terra é muitas vezes o único material de construção disponível. Em forma de blocos ou lajotas, secas ao sol ou em fornos, a terra tem excelentes qualidades como isolante térmico e armazenador de temperatura. Uma construção em terra adequada pode mostrar-se muito durável e resistente ao fogo, apodrecimento e ataque de cupins. Proporciona uma condição climática interna muito boa, por ser capaz de regular a umidade do ar e o nível de ruído. Para a construção de edifícios em terra são necessários apenas 3% da energia utilizada para fabricar um edifício semelhante em concreto.

Muitos solos podem ser utilizados para construção de edifícios em terra, porém os melhores solos para produção de tijolos devem conter 75% de areia e um mínimo de 10% de argila. Para tijolos prensados são indicados solos com mais argila e silte, e menos areia. Solos bem compactos geralmente não necessitam estabilizantes, enquanto solos muito arenosos necessitam de cimento ou betume e solos muito argilosos demandam aplicação de cal. As técnicas de construção com terra crua mais conhecidas são o adobe, os tijolos prensados, a taipa de pilão, a taipa de sopapo ou de mão.

Como se vê, a terra é um material de baixo consumo energético, não poluente e encontrado com facilidade. Entretanto, alguns cuidados especiais são necessários para garantir uma

construção resistente e segura. Este tipo de construção é mais indicado para locais de clima seco, porém é possível adequá-las a regiões de clima úmido, desde que situadas num terreno com boas condições de drenagem e ficando isoladas da umidade do solo, por meio de baldrames, além de possuírem uma boa cobertura com beirais largos.

Madeiras

A madeira é um dos materiais de construção mais saudáveis. Ela atua como um regulador natural do clima interno: ela "respira" e favorece a ventilação, estabiliza a umidade , filtra e purifica o ar, é quente ao toque e absorve ruídos. Também não afeta os campos magnéticos e naturais como faz a maioria dos materiais. Entretanto, algumas pessoas mostram-se alérgicas aos odores expelidos por alguns tratamentos químicos que as madeiras recebem.

Por todo o mundo, a devastação de enormes áreas de florestas tem afetado a integridade e a disponibilidade deste material, assim como as chuvas ácidas e as queimadas para utilização das terras para plantio. É necessário que cada vez mais sejam adotadas políticas de reflorestamento e utilização dessas madeiras, preservando espécies mais raras e as chamadas madeiras de lei.

Quando a árvore atinge a idade madura, que varia de espécie para espécie, entre 50 e 120 anos, ela pode então ser cortada para utilização pelo homem. Após o corte, a madeira deve passar por um processo de secagem, para reduzir (não eliminando) o seu teor de umidade. Adequadamente realizado este processo, serão obtidas madeiras de boa qualidade, com estabilidade dimensional, que não empenam ou fissuram, resistentes, mais leves e mais maleáveis do que madeiras verdes.

Em relação ao seu peso, a madeira é mais resistente que qualquer outro material de construção, a exceção do bambu. A relação resistência/peso de madeiras estruturais é maior até que a do aço e a do concreto armado. Um edifício em madeira pode chegar a pesar até 8 vezes menos que um edifício semelhante de concreto e tijolos.

As vantagens do uso da madeira como material de construção são inúmeras, a começar pelo fato de ser uma construção seca, não demandando tempo de cura e necessitando de pouquíssimo acabamento (vernizes, selantes são suficientes). As suas aplicações são muitas, como estrutura, fechamento, esquadrias, revestimento, cobertura e mobiliário. Mais, ou menos industrializadas, as madeiras conferem diferentes padrões estéticos de acordo com as características regionais e culturais. Por fim, demanda pouca energia para sua produção (a maioria é proveniente do sol) e pode ser considerada uma fonte reciclável, se adotadas políticas de reflorestamento.

Também, a madeira serve como fonte de matéria prima para outros materiais utilizados na construção como: cortiça, linóleo, borracha, papel e compensados.

Canas e Gramíneas

As construções com canas e gramíneas mostram-se extremamente frescas e confortáveis, criando um ambiente agradável e saudável. Dentre as materiais primas para estas construções estão a palha, o junco, o bambu e algumas espécies de palmeiras. De modo geral todos estes vegetais após serem cortados são colocados a secar e podem ou não receber algum tratamento com ceras, inseticidas e vernizes.

Em seu estado natural, estes materiais não são nocivos à saúde, quando tratados com inseticidas, podem se tornar tóxicos. Se realizado em

plantações controladas, o plantio e colheita destes materiais não oferece riscos ambientais. O seu processo envolve baixos custos de energia e maquinário simples, alem de gerar emprego para as comunidades locais, ajudando a preservar as técnicas e culturas populares. Entretanto, a devastação de algumas regiões naturais tem afetado o habitat natural e a cadeia reprodutiva de algumas espécies selvagens, por isso, aconselha-se que a atividade observe o equilíbrio e preserve o meio ambiente de forma sustentável.

Fibras Naturais

As fibras naturais provem de fontes abundantes e naturais, podendo ser originárias de vegetais ou de animais. Na construção civil são utilizadas como fechamento e cobertura, ou como revestimento. O "natural" não necessariamente significa "saudável", devido aos tratamentos químicos que estes podem receber durante o seu cultivo, ou durante o seu processamento. As plantações de algodão recebem pesticidas e fungicidas, por exemplo.

As principais fibras naturais são: linho, algodão, lã, seda, juta, cânhamo, sisal, fibras de coco, rayon[1], penas e plumas, peles e pêlos.

Pinturas e Vernizes

Um produto é considerado saudavelmente seguro, quando não oferece riscos aos usuários, aos fabricantes e ao meio ambiente. As pinturas sintéticas, os vernizes, removedores, selantes e adesivos dificilmente cobrem esse requisito, pois contem em sua maioria compostos orgânicos voláteis (epóxi, tolueno). As tintas epóxi e os vernizes contem resinas e fenóis, que são cancerígenos. Todas as pinturas sintéticas não são resistentes ao fogo e emitem gases, quando queimadas.

As tintas são compostos feitos de pigmentos sólidos e uma base, suspensos em um meio líquido aquoso ou oleoso. Os pigmentos são responsáveis pela opacidade, cor e consistência das tintas. São geralmente de origem mineral ou metal.

As tintas com pigmentos naturais e a base de água tem sido reconsideradas, porém, elas apresentam elevada transparência e perda de coloração rápida, especialmente para uso externo.

Plásticos

Os plásticos, mais de 50 tipos, classificam-se em duas grandes famílias, os termoplásticos e os termofixos. Os termofixos, uma vez endurecidos não podem ser amolecidos, nem derretidos, enquanto que os termoplásticos podem ser amolecidos pelo calor inúmeras vezes, todos, porém, são orgânicos. Cerca de 90% dos plásticos são produzidos a partir do petróleo e gás natural, outros provem de plantas e madeiras. Com pouquíssimas exceções, os plásticos queimam com facilidade, produzindo forte calor e emitindo fumaça e gases tóxicos.

Dos termoplásticos fazem parte mais de 80% de todos os plásticos produzidos atualmente. Dentre os mais comuns estão o PVC (Policloreto de Vinila), o PP (Polipropileno), o polietileno, o acrílico, o nylon, o poliestireno, o policarbonato, polivinil butiral e a celulose. Dentre as aplicações na construção civil estão os pisos, persianas, tubulações, conduítes, telhas, caixilharia, revestimentos, forros e isolantes.

Dos termofixos fazem parte os fenólicos, melamina formaldeído, poliéster, poliuretano e

[1] Rayon: fibra sintética feita a partir de celulose, vastamente utilizada na fabricação de tecidos, como substituto à seda.

silicones, utilizados como laminados para revestimento, pinturas, tubulações, isolantes, adesivos e selantes.

Os plásticos são obviamente úteis e adequados a muitos usos, mas do ponto de vista da saúde e do meio-ambiente eles não estão bem cotados, porém há algumas exceções. Consomem fontes de matéria prima não renováveis, a maioria não é biodegradável e os termofixos não são recicláveis. Carpetes e pisos plásticos favorecem a eletricidade estática.

Dentre os plásticos, o PVC tem sido um dos materiais mais utilizados na construção civil, prestando-se a diversas usos. Além de cumprir os requisitos de durabilidade, resistência e estética, o PVC tem se mostrado uma boa opção por ser reciclável, auto-extinguível e possuir uma série de aplicações, na versão rígido ou flexível.

Atualmente, já existe um sistema de classificação e identificação de produtos plásticos que facilita a sua separação e reciclagem; entretanto, no Brasil, a prática da reciclagem é algo ainda restrito e de que pouco se fala na construção civil.

VI . c. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMPANHIA VIDRARIA SANTA MARINA. O Vidro na Arquitetura. Publicação técnica. 1992.

LIMA, José Antônio Ribeiro de; CECCATO, Marcos Roberto; FRANCINETE JR., Paulo. Materiais Cerâmicos. Monografia da disciplina PCC726 – Princípios da Ciência dos Materiais Aplicados aos Materiais de Construção Civil, ministrada pelo prof. dr. Vahan Agopyan. Poli Civil – USP, maio de 1997.

PEARSON, David. The Natural House Handbook. Sidnei: Conran Octopus, 1989.

VII VEDAÇÃO EXTERNA E OS EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS DE SÃO PAULO

VII . a. FUNÇÃO: VEDAÇÃO

O fechamento externo é um elemento de grande importância em um edifício. Os vedos externos funcionam como proteção e limite interno/externo, são condicionantes do conforto térmico, acústico e lumínico, além de funcionarem como barreira a intrusos. Nos edifícios de escritórios, dá-se muita atenção ao aspecto formal e estético das fachadas, pela necessidade de transmitir uma imagem de contemporaneidade, robustez e confiabilidade. Por outro lado, devido à sua grande área de recobrimento, empregando grandes quantidades de material e mão-de-obra, os elementos de vedação externa tem grandes implicações comerciais e econômicas.

Tomando por base a divisão feita por Mila (O Edifício), relacionando funções e órgãos do edifício, o nosso estudo volta-se para a compreensão dos vedos.

Atualmente exige-se que os elementos de vedação tenham boas características quanto ao conforto ambiental, mas principalmente, tem-se exigido, devido à escala de utilização, que os vedos sejam: mais leves, que obedeçam a alguma padronização, que sejam de fácil colocação e demandem pouca mão-de-obra. Pelo menos na teoria, a tecnologia já consegue atender a esses quesitos. Um construtor medieval ficaria surpreso com a eficiência de isolamento das placas de poliestireno expandido, ou com as caixilharias de vidros duplos, ou com a resistência às intempéries de revestimentos plásticos.

Quanto aos fechamentos de última geração, o maior problema é a complexidade. Geralmente, são constituídos de uma moldura estrutural e uma seqüência de camadas responsáveis por diferentes funções cada uma: impermeabilização, isolamento térmico-acústico, resistência mecânica, revestimento interno e externo. Uma gama de opções, que torna difícil ao arquiteto especificá-las, além de exigir uma constante atualização dos novos materiais.

FUNÇÕES	ÓRGÃOS
1. Implantação	Terrapleno
2. Consolidação do Terreno	Fundações
3. Estabilidade	Estrutura
4. Proteção Zenital	Cobertura
5. Vedação	Vedos
6. Circulação	Pavimentos
7. Comunicação	Vãos
8. Conforto Ambiental	Paramentos
9. Mecanização	Equipamento Eletro-Mecânico
10. Fornecimento de água, esgoto e gás	Equipamento Hidro-Sanitário

Quadro VII.1 – Funções e órgãos do edifício

Fonte: MILA, /s.d./

Entretanto, é o fator "isolamento térmico" que tem demandado maior atenção. Se algumas décadas atrás, ampliaram-se as áreas envidraçadas e desenvolveram-se equipamentos para acondicionar o ar e estabilizar as temperaturas internas, ignorando as qualidades físicas dos vedos e lançando mão de serviços de ambientação, hoje, com a crise energética, estamos preocupados em utilizar ao mínimo, ou totalmente eliminar, os equipamentos de acondicionamento e desenvolver vedos, ou mecanismos, capazes de fornecer as condições ambientais desejadas.

Outras variáveis a serem consideradas nos fechamentos, não menos importantes, são: desempenho mecânico e estrutural, impermeabilidade, iluminação natural, vistas, ventilação, segurança, isolamento acústico, durabilidade, custo e estética.

Olhando os vedos sob a ótica da construção pré-industrializada, vê-se que é grande o leque de variáveis que fazem parte do "memorial descritivo" do projeto de design (descrito com mais detalhes no capítulo III, p. 1), as quais, devidamente observadas, irão determinar o produto. Por outro lado, também é grande o papel de arquitetos e especificadores, ao determinar o emprego destes materiais. É preciso saber muito bem o efeito que se deseja, e conhecer as características dos materiais e as qualidades ambientais que eles favorecem.

VII . b. O SISTEMA DE VEDAÇÃO DOS EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS

Pode se considerar que o sistema de vedação utilizado em edifícios de escritórios da cidade de São Paulo tem apresentado um determinado padrão, condicionado pelas variáveis colocadas no item anterior, somadas a disponibilidade de componentes existentes, a tendências mercadológicas e a legislação vigente.

Este padrão pode ser assim descrito, como composto de três partes: parapeito, fechamento móvel e transparente, e revestimento externo. Cada um destes componentes exerce uma determinada função segundo a classificação de Mila. Entretanto, combinados e funcionando como um sistema único, podemos chamá-los de vedos.

O **parapeito** geralmente utilizado é construído de blocos de concreto ou cerâmicos. Em alguns casos, empregam-se painéis, mais especificamente de concreto. Internamente, recebem argamassa de finalização e pintura, de modo geral. Externamente, recebem revestimentos mais sofisticados, geralmente em forma de painéis, que serão discutidos logo adiante. O parapeito tem por função ser uma barreira de segurança ao corpo do usuário, por isso sua altura varia entre 90 cm e 1,10 m. Sendo opaco aumenta a segurança psicológica das pessoas. Por outro lado tem também a função de aparar o mobiliário e por vezes abrigar tubulação tanto elétrica, como hidráulica. É importante ao conforto térmico diminuindo os ganhos de calor e mantendo a temperatura interna agradável e também protege o ambiente do excesso de ruídos externos. Em síntese, o parapeito funciona como barreira.

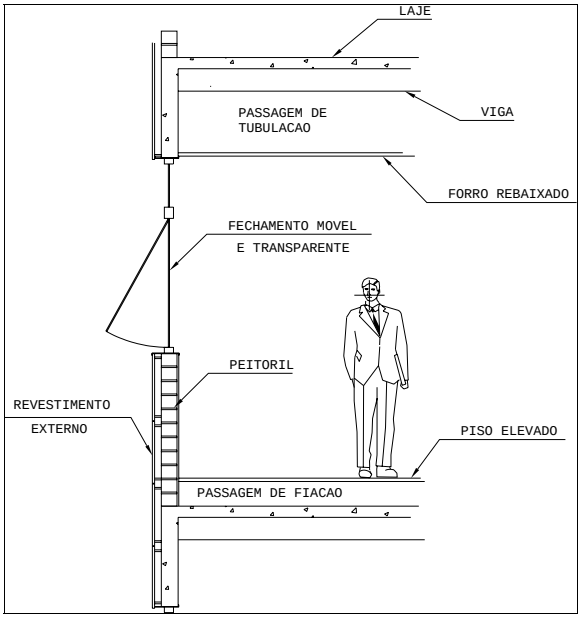


Figura VII.1 - Corte modelo de fechamento externo de edifício de escritório

Fonte: elaboração própria

O estudo não levará em consideração as massas utilizadas para assentamento e acabamento, assim como a pintura interna e os impermeabilizantes e selantes utilizados na face externa.

O **fechamento móvel e transparente** é colocado a partir do parapeito e vai até a altura do forro do

escritório. Este fechamento é em geral transparente, permitindo observar as vistas da cidade e conhecer o estado do tempo exterior, bem como as horas do dia. É sabido que esta interação favorece a produtividade e o bem-estar das pessoas. Por outro lado, sendo transparente, permite a entrada de luz natural, melhorando a qualidade da iluminação, a salubridade e diminuindo o consumo de energia com iluminação artificial. Entretanto, há que se atentar para o fato de que este fechamento não deve permitir a entrada de parcelas da radiação solar indesejadas, que somente acrescentam aos ganhos térmicos, demandando um aumento nos sistemas de condicionamento de ar.

Em geral, adota-se o fechamento móvel, já que em São Paulo, na maior parte do ano, o clima é ameno, o que permite a troca de ar e a ventilação natural, novamente demandando menos dos sistemas eletromecânicos de climatização. O material empregado para todas estas funções é, em geral, o vidro, seja ele temperado, laminado ou duplo; o vidro simples não é utilizado por motivos de segurança, já que estes edifícios atingem grandes altitudes e estão sujeitos a fortes ventos.

Por todas as características acima descritas, vê-se, que por vezes, este componente do sistema exerce mais a função de comunicador com o exterior, sendo portanto um "vão" na classificação de Mila, descrita no item anterior e não somente um vedo. Entretanto, analisando o sistema como um todo, ele se comporta como vedo. O estudo ainda avaliará os componentes de caixilharia necessários para sustentar e estruturar este pano transparente e móvel, mas desconsiderará as ferragens empregadas para abertura e fechamento do sistema.

O **revestimento externo** tem não apenas uma função estética mas deve proteger o edifício, juntamente com os demais elementos, dos ganhos de temperatura, dos ventos, dos ruídos, e da água. Geralmente empregam-se placas moduladas, sejam elas metálicas, pedras ou vidro. São fixadas sobre uma estrutura em grelha, de perfis metálicos, ancorada à estrutura do edifício. Este é o componente que mais atenção irá demandar neste estudo, pois por se tratar de materiais muito industrializados, demandam uma maior quantidade de energia para sua produção, além de ser o elemento de maior área de recobrimento. A rigor, na classificação de Mila, este é um "paramento", pois trata-se de um revestimento, com funções de adequação ambiental. Entretanto, ele faz parte do sistema vedo que é o foco deste estudo.

VII . c. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MILA, Ariosto. O Edifício. São Paulo, FAUUSP, /s.d./.

VIII OS COMPONENTES DE VEDAÇÃO EXTERNA

A ausência de normas no dimensionamento de blocos de fechamento e esquadrias, no Brasil, tem dificultado o trabalho dos arquitetos ao projetarem as edificações. Atualmente, uma equipe formada pelo Sinduscon/SP, Asbea e Afeal (Associação dos Fabricantes de Esquadrias Metálicas), trabalha desde finais de 1997, com o intuito de estabelecer uma grade de dimensões padronizadas para esquadrias, como ponto de partida de uma proposta de coordenação modular, que deverá mais adiante envolver os fabricantes de blocos. Este trabalho tinha previsão de ser concluído até meados de 1998, com o patrocínio de 15 empresas, construtoras e fabricantes de esquadrias.

No Anexo 2 encontram-se enumeradas as principais normas brasileiras referente aos componentes de vedação abordados neste trabalho.

VIII . a. COMPONENTES DE PARAPEITO

Os elementos de vedação podem ser classificados em duas grandes famílias: a dos blocos e tijolos e a dos painéis pré-moldados. Blocos e tijolos são componentes menores que necessitam de mais mão-de-obra no local, para serem assentados de modo a formar o parapeito, por exemplo, dos edifícios de escritórios de que trata este trabalho. Decorrem num serviço mais artesanal, menos preciso, e com maior desperdícios do que sistemas utilizando painéis pré-moldados ou pré-fabricados, e utilizam massa de assentamento.

Já os painéis pré-moldados ou pré-fabricados são elementos maiores, com alto grau de industrialização e maior rigor dimensional. Projetados de modo a serem colocados e encaixados na obra, diminuindo o número de mão-de-obra, porém exigindo maior qualificação dos trabalhadores. Permitem maior rapidez, diminuição dos desperdícios, obras mais limpas, organizadas e controladas.

As pedras não serão analisadas aqui, pois o seu peso, distância de transporte, reduzido rendimento e falta de mão-de-obra qualificada, desqualificam a sua aplicação em edifícios de escritórios, como elementos de parapeito. Os blocos de vidro e os elementos vazados não foram aqui analisados, pois não são apropriados à tipologia em estudo.

Blocos e Tijolos

Blocos e tijolos existem em diversos padrões. Muitos infelizmente, ainda não seguem as normas, sendo produzidos de modo extremamente artesanal em pequenas fábricas familiares.

É o caso, por exemplo, dos **tijolos maciços** ou comuns, que dificilmente obedecem às normas, porque os fornecedores de olarias pequenas não cumprem essas exigências. Em parte isto se deve à queima e ao cozimento imperfeito que modifica a sua forma e dimensões finais, tornando-os quebradiços e com grande absorção de água. É grande a perda no transporte, armazenamento e manuseio, chegando a 10 ou 20%. O seu uso, ultimamente tem se restringido a pequenas construções. O tamanho dos tijolos maciços tem diminuído nas últimas décadas, chegando a atingir nos dias de hoje, a medida de 20cm x 9cm x 6 a 5cm.

Os tijolos são feitos de argila e água, sofrendo um processo de secagem (primeira retração) e posteriormente o cozimento a 900/1000^{o}C, quando deve ocorrer a total eliminação de água e a segunda retração no volume. São apreciados pelas suas qualidades de resistência e isolamento térmico e quando bem regulares, podem dispensar

revestimentos, ficando aparentes e formando padrões interessantes, dependendo do método de aparelhamento (travamento). A sua forma em paralelepípedo e peso unitário reduzido facilitam o manuseio e construção.

	COMPRIM. (mm)	LARG. (mm)	ALT. (mm)
Tipo 1	200 ± 5	95 ± 3	63 ± 2
Tipo 2	240 ± 5	115 ± 3	52 ± 2

Tabela VIII.1 - Tamanhos de Tijolos Prensados

Fonte: RIPPER, 1995, p. 56

Os **tijolos prensados** já possuem uma maior regularidade em sua forma e dimensões, possuindo arestas vivas e cantos resistentes. A sua massa homogênea resulta em tijolos sem fendas, trincas, cavidades ou impurezas. São cozidos uniformemente de modo que produzem um som metálico quando partidos com martelo. São fáceis de cortar, os grãos são finos e de cor uniforme. A absorção de água é inferior a 18/20% e sua resistência à compressão está dentro dos limites das normas. De acordo com sua resistência, podem ser de primeira ou segunda categoria. Pela norma NB-19, existem dois tamanhos: tipo 1 e tipo 2.

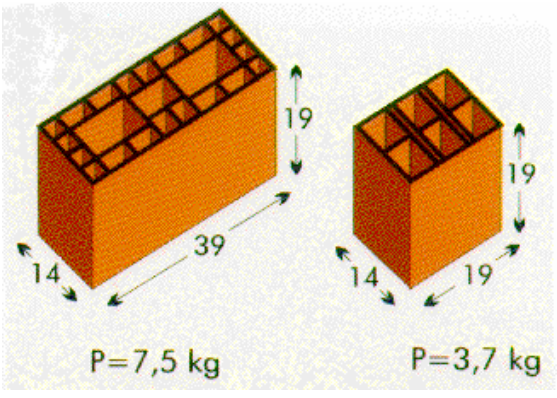


Figura VIII.1 - Bloco cerâmico de vedação

Fonte: Cerâmica Selecta.

Os **tijolos furados** apresentam tamanhos mais uniformes, e arestas e cantos mais fortes, que os tijolos prensados. Ainda, o seu peso por unidade de volume é menor. Oferecem um melhor isolamento térmico e acústico e diminuem a mão-de-obra por área de parede. Segundo Ornstein (1992, p.114), com relação ao tijolo prensado, o seu preço é 20% menor, a mão-de-obra/m^2 é 3 vezes inferior, chegando o seu preço final a ser 30% inferior.

Não devem apresentar empenamento superior a 5 mm com relação ao plano de apoio. A norma os classifica em autoportantes e de vedação. Os primeiros possuem furos cilíndricos, paralelos às faces menores. Os segundos apresentam furos prismáticos, normais às faces menores. Apesar da nomenclatura, os mais indicados para aplicação em edifícios de escritórios, de que trata este estudo, são os blocos autoportantes. Entretanto, existem

COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	ALTURA (mm)
290 ± 5	90 ± 2	190 ± 3
290 ± 5	190 ± 3	191 ± 3
190 ± 3	90 ± 2	190 ± 3
190 ± 3	190 ± 3	190 ± 3

Tabela VIII.2 - Tamanhos de Blocos de Vedação

Fonte: RIPPER, 1995, p. 56.

COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	ALTURA (mm)
240	115	113
240	140	113
240	113	113
240	113	55

Tabela VIII.3 - Tamanhos de Blocos Autoportantes

Fonte: RIPPER, 1995, p. 56.

muitas outras medidas no mercado, de acordo com cada fabricante.

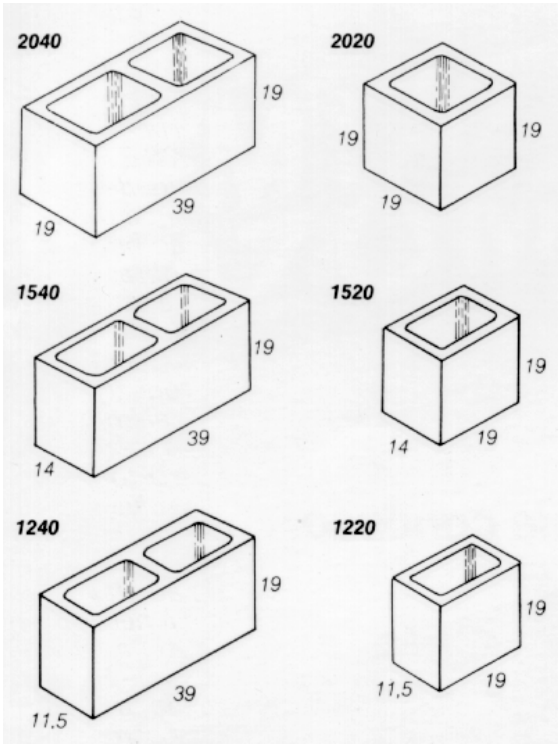


Figura VIII.2 - Blocos e meios blocos de concreto.

Fonte: Blokret.

COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	ALTURA (mm)
190	50 60 70 90 110 140 190	190

Tabela VIII.4 - Tamanhos de Meios Blocos de Concreto

Fonte: RIPPER, 1995, p. 59.

Existem inúmeros tipos de **blocos de concreto** fabricados por empresas grandes e pequenas. Os tipos que poderiam ser empregados no estudo em questão, para construção do parapeito de edifícios de escritórios, são blocos para fechamento, não sendo autoportantes, e a serem revestidos interna e externamente. Podem ser blocos inteiros ou meios blocos. Os blocos de concreto geralmente apresentam um, dois ou três furos, no sentido da altura. Assim, o colchão de ar que se forma no interior das paredes favorece o isolamento térmico e acústico.

COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	ALTURA (mm)
390	50 60 70 90 110 140 190	190

Tabela VIII.5 - Tamanhos de Blocos de Concreto Inteiros

Fonte: RIPPER, 1995, p. 59.

Os **blocos de concreto celular autoclavado** são extremamente leves, pois sua massa é aerada, de modo a formar bolhas de ar, assemelhando-os à pedra pomes. Esta configuração pode ser obtida de duas maneiras: à semelhança da culinária, pode se "bater" a massa (como se faz com as claras em neve), ou pode se adicionar um "fermento" que irá produzir as bolhas por reações químicas.

Densidade	410 kg/m^3
Densidade para cálculo	500 kg/m^3
Resistência mínima à ruptura	25 kg/cm^2
Comprimento x altura	60 x 30cm

Tabela VIII.6 – Características de Blocos de Concreto Celular da Sical

Fonte: RIPPER, 1995, p. 62.

Esta configuração confere aos blocos de concreto celular maior leveza e excelentes características de isolamento térmico e acústico. Graças à sua leveza estes blocos tem dimensões ainda maiores que os blocos de concreto, reduzindo os tempos para execução das alvenarias. O material ainda tem menor absorção de água que outros elementos de vedação. Quanto à resistência térmica, um fechamento de 10cm em concreto celular, equivale a um fechamento de 25cm de tijolos cerâmicos e de 30cm de blocos de concreto. Algumas características dos blocos para vedação fabricados pela Sical são apresentadas na tabela acima. As espessuras variam a partir de 10cm, com modulação de 25cm, chegando a um máximo de 60cm.

Os **blocos de sílico-calcário** são fabricados segundo uma tecnologia alemã, sem argila ou cimento. Com dimensões precisas e regulares, estes blocos tem uma resistência à compressão que varia de 80kgf/cm^2 para blocos de vedação, a 350kgf/cm^2, para as peças estruturais. Possuem um elevado índice de isolamento termoacústico, resistem à combustão (efeito corta-fogo), são versáteis, podendo ser utilizados na construção de casas populares e de alto padrão, em edifícios de 3 a 16 pavimentos (estrutura auto-portante, não armada). De coloração clara e superfície lisa, podem ser usados como alvenaria aparente, não necessitando de acabamentos ou revestimentos, ou podem receber diretamente uma pintura. A versão estrutural pode gerar uma economia de 40% no custo bruto da construção, pois elimina a necessidade de estrutura independente de concreto armado, já que as lajes podem ser apoiadas sobre a alvenaria. Possuem peso reduzido, proporcionando um alívio de 10% a 25% nas fundações.

	COMPR. (mm)	LARG. (mm)	ALT. (mm)
SC 10	390	90	190
SC 15	390	140	190
SC 20	390	190	190

Tabela VIII.7 - Tamanhos de Blocos de Sílico-Calcário Prensil

Fonte: RIPPER, 1995, p. 64

Os blocos para vedação em sílico-calcário produzidos pela Prensil tem dimensões apresentadas na tabela acima.

Ainda existem outras soluções menos empregadas, como os blocos de argila expandida, leves e com boas características de isolamento termo-acústico, mas que possuem um custo elevado. Outra opção pouco utilizada são os blocos de gesso, com encaixes macho e fêmea, utilizados para vedação interna, nas dimensões 66,6cm x 50cm x 7,5cm de espessura.

Algumas técnicas milenares, utilizando terra, tem sido retomadas como opção adequada, quando se deseja diminuir os custos, utilizando materiais facilmente disponíveis e de excelentes qualidades físicas. Esta é uma opção interessantíssima por acarretar em baixíssimo impacto ambiental, em consumo de energia praticamente nulo e em qualidade arquitetônica rica. O único porém que se apresenta, para sua aplicação em edifícios de escritórios, é sua elevada densidade e, portanto, peso unitário dos blocos. Isto acarreta em sobrecargas na estrutura. As técnicas com terra podem produzir blocos ou painéis. Dentre os blocos, podemos citar o adobe e os tijolos de solo-cimento. Ainda existem outras técnicas menos precisas e que formam arquiteturas mais orgânicas em sua forma, outras escavam construções em encostas argilosas. Porém este trabalho descreve apenas as técnicas mais usuais e que apresentam um certo rigor geométrico, na formação de componentes.

Os **tijolos de solo-cimento** são uma mistura de terra e cimento, este funcionando como

estabilizante. Podem ser utilizados outros estabilizantes como cal e outros aditivos para melhorar as qualidades dos tijolos, como impermeabilizantes. Estes tijolos não sofrem queima e sim a cura do cimento e são moldados e prensados em fôrmas. Sua qualidade e características são variáveis, pois dependem da composição do solo utilizado.

Os tijolos de **adobe** vem a ser grandes blocos de terra crua apiloada em fôrmas e secos ao sol. Por vezes, são introduzidas fibras vegetais para aumentar sua resistência à flexão. Trata-se de uma confecção geralmente artesanal com ferramental simples e manual.

Dentre os blocos e tijolos aqui apresentados, os que melhor se presam à construção de parapeitos de edifícios de escritórios são: os tijolos furados, os blocos de concreto, os blocos de concreto celular e os blocos de sílico-calcário. Aqui são favorecidas as qualidades de padronização e rigor dimensional, facilidade de manuseio, peso/área de fechamento, disponibilidade no mercado, isolamento termo-acústico, rapidez de montagem, redução de desperdícios, organização e controle de qualidade do edifício.

Painéis Pré-Moldados

Os painéis podem ser simples ou compostos. Simples são aqueles que possuem apenas um material em sua composição. Já os painéis compostos são geralmente em forma de sanduíches, cujos materiais tem funções diferenciadas. Em construções mais racionalizadas são erguidos por meio de guindastes, até o pavimento e próximos ao local onde serão colocados. A modulação destes painéis está sujeita a diversos fatores como transporte (limitações impostas pelos departamentos rodoviários), manuseio (se são muito grandes, portanto muito pesados necessitam de maquinário auxiliar), demais componentes da construção (portas, janelas), e a própria arquitetura, que em função da ergonomia humana estabelece alturas, larguras.

Se a padronização é rara nos blocos e tijolos, o que dizer dos painéis. Aqui, cada fabricante determina a sua própria modulação, por isso não serão aqui apresentadas. Entretanto, existe alguma nomenclatura que já fornece uma idéia ou parâmetro dos formatos, como por exemplo: painel parede, painel parapeito, painel janela, painel porta, painel verga. De modo geral suas espessuras vão desde 5cm, 7,5cm, 10cm, 15cm, 20cm a 25cm. O seu travamento geralmente ocorre em montantes metálicos, eventualmente de madeira. A maioria não necessita de revestimento, mas para efeito estético ou de melhoria de algumas características de conforto ambiental, podem receber revestimentos ou pinturas.

Os **painéis de concreto armado** podem ser moldados na obra, ou fabricados em usinas e transportados à obra. As fôrmas reaproveitáveis são geralmente metálicas ou de resina de poliéster reforçado com fibra de vidro. O seu peso volumétrico varia entre 1,9 e 2,5 kg/dm^3. A sua condutividade térmica é 2,5 vezes maior que a dos tijolos, demandando a instalação de uma camada isolante. Podem ser planos ou nervurados, de modo a aumentar sua resistência e podem ser maciços ou vazados aumentando suas qualidades isolantes, ainda, podem ser armados ou protendidos, aumentando ainda mais sua resistência.

Os **painéis de concreto celular** são constituídos a partir de concreto leve autoclavado e estruturados por uma ferragem interna soldada em forma de malha e protegida contra corrosão. Em sua composição entram cimento, cal, areia, pó de alumínio e aditivos químicos. A cura é feita em autoclaves, sob vapor saturado, elevada pressão e temperatura, o que confere ao concreto maior

resistência. São mais leves que os de concreto armado e possuem melhores características de isolamento.

Os **painéis de argamassa armada** tem a vantagem de serem mais esbeltos que os de concreto, pois são feitos apenas com uma ferragem em malha interna recoberta por 1 a 2 cm de argamassa de areia e cimento de cada lado.

Os chamados **painéis de argamassa leve** substituem os agregados convencionais (areia, pedrisco) por materiais alternativos mais leves e alguns com características térmicas e acústicas mais significativas, como fibras vegetais inertizadas (bagaço de cana, casca de arroz, sabugo, serragem etc.), escória de alto-forno (um resíduo da fabricação do aço), o amianto, ou ainda as fibras de polipropileno. Estes painéis ainda podem ser produzidos com furos ou cavidades em seu interior, diminuindo ainda mais o seu peso e melhorando suas características isolantes.

Os painéis com escória de alto-forno tem baixa densidade, resistentes ao ataque de insetos e microorganismos, porém são pouco isolantes acusticamente, tem pouca resistência a tração, compressão e cisalhamento, criando dificuldades no seu transporte e instalação. Exigem cuidados com desgastes causados principalmente por água.

Os painéis de amianto possuem baixa capacidade térmica, bom isolamento acústico e baixa densidade, porém são bons absorvedores de umidade, possuem pouca resistência ao cisalhamento e ao desgaste exigindo cuidados no transporte.

Painéis com fibras vegetais podem ter um peso de 920kg/m^3 contra os 2600kg/m^3 do concreto tradicional.

Tanto os painéis de escória de alto-forno como os de fibras vegetais tem a vantagem de utilizar materiais descartados por outras indústrias.

Os **painéis metálicos** são fabricados a partir de chapas de aço zincadas e dobradas para estruturação das peças. Tem uma boa relação peso/resistência e permitem maior espaço útil, devido à fina espessura dos fechamentos e à diminuição das seções de pilares estruturais do edifício. Entretanto, são excelentes condutores exigindo o uso de isolantes.

Os **painéis de madeira** podem ser maciços, aglomerados ou de pranchas compensadas e estrutura interna de caibros. São bons isolantes térmicos e tem boa resistência aos esforços de compressão e flexão. Existem com diversos grau de industrialização e tratamentos, o que lhes confere diferentes qualidades e características, podendo ser utilizados até como fechamento externo. Entretanto, é importante salientar que a madeira de modo geral é perecível e combustível, caso não sejam aplicados os adequados tratamentos contra fungos, termitas e fogo.

Os **painéis de vidro** são em geral temperados ou laminados, podendo ser chumbados diretamente na alvenaria, presos por ferragens à própria chapa, colados a uma estrutura de fixação ou encaixados em caixilhos. É um material caro e que exige cuidados no conforto ambiental.

Os **painéis de plástico**, ainda pouco difundidos no Brasil, são geralmente dotados de relevos, dobras e alvéolos para melhor estruturá-los, tornando-os mais resistentes à compressão e flambagem. São extremamente leves e dependendo de sua forma e composição química podem ter excelentes características de isolamento.

Outros materiais utilizados nas faces podem ser as chapas metálicas e o concreto celular, enquanto

FACE 1	MIOLO	FACE 2
Concreto	Isopor	Concreto
Madeira (vertical)	Lã de vidro	Madeira (horizontal)
Madeira (horizontal)	Estrutura de madeira (colchão de ar)	Placas duras (fibras de madeira)
Fibra de vidro	Poliuretano rígido	Fibra de vidro
Chapas duras (fibras de madeira)	Vermiculita ou lã de vidro ou estrutura de vidro	Chapas duras (fibras de madeira)
Chapas de cimento-amianto	Styropor	Placas cimento-amianto
Chapas de cimento-amianto	Compensado naval	Placas cimento-amianto
Gesso cartonado	Estrutura de madeira (colchão de ar)	Gesso cartonado
Fórmica ®	Colmeia de madeira	Fórmica ®

Quadro VIII.1 - Painéis compostos

Fonte: GUIDA NETO, 1984, p. 98.

que como recheios também podem ser empregados a lã de rocha, gesso, fibras de madeira, amianto, papelão, fibra de vidro, e, dentre os plásticos, cloreto de polivinil expandido, poliestireno expandido, ebonite expandido, espuma fenólica, espuma de poliuretano e espuma de formaldeído de uréia. Estes últimos formam bolhas de ar em seu interior transformando-os em excelentes isolantes termo-acústicos.

Os painéis apesar de terem um alto grau de industrialização e utilizarem tecnologias mais avançadas que os tijolos e blocos, acabam por mostrar-se um sistema fechado ao contrário destes últimos. O seu dimensionamento é muito variável de um tipo a outro e de uma empresa a outra. Não são intercambiáveis, muito menos componíveis com outros.

A taipa de pilão e a taipa de mão formam painéis, ainda que de modo geral não sejam pré-fabricados e sim feitos *in loco*. A **taipa de pilão** consiste em criar um fechamento monolítico, pela compactação de terra crua em fôrmas móveis de madeira ou metálicas. A sua espessura varia de 40cm a 1m.

Em contra partida, a **taipa de mão** tem como estrutura, uma trama de madeira ou bambu, recoberta por terra pelas duas faces, de modo que sua espessura fica próxima a 20cm.

No caso dos edifícios de escritórios, é importante ressaltar que além de atender aos requisitos de conforto ambiental, os painéis devem também se mostrar resistentes a impactos e arrombamentos, além de serem resistentes a 2 horas de fogo, segundo a legislação do município de São Paulo. Como os painéis variam muito em sua composição e espessura, de acordo com cada fabricante, é necessário avaliá-los um a um, para determinar sua adequabilidade como parapeito de edifício de escritórios. Entretanto, sem sombra de dúvida, os painéis de concreto armado e os de concreto

Figura VIII.3 - Casa em construção de taipa de pilão

Fonte: ILAM, 1994, p.11.

celular são adequados a este uso. Os demais devem ser cuidadosamente estudados para adequá-los às solicitações que irão sofrer como vedos externos.

VIII . b. COMPONENTES PARA FECHAMENTO MÓVEL E TRANSPARENTE

Como componentes para fechamento móvel e transparente são atualmente empregados dois materiais: os vidros e os plásticos. Nos edifícios de escritórios, são geralmente fixados em caixilhos, e estes fixados na alvenaria/painéis, ou podem ser fixados a estruturas de sustentação que formam uma malha e portanto grandes panos de vidro que recobrem o edifício. Este último método existe em duas variações, a fachada pele de vidro, quando os vidros são "encaixados" a essa estrutura, ou fachada *glazing*, quando são "colados" à estrutura.

As aberturas externas em países de clima temperado foram, até pouco, condicionadas pelos rigores do clima. Eram pequenas, restritas apenas ao necessário para a iluminação e uma pequena ventilação. Entretanto, com os avanços tecnológicos, foram desenvolvidos componentes mais baratos e capazes de responder bem às necessidades de isolamento e proteção. As áreas envidraçadas aumentaram e ganharam expressão própria, deixando de ser meros recortes na fachada. Essa tendência revelou-se no mundo todo, através dos edifícios envidraçados do *International Style*, num momento em que a tecnologia soube recriar ambientes de temperatura agradável com o condicionamento de ar e que a energia era abundante. Hoje adotam-se os dois sistemas, seja o das janelas recortadas na fachada, formando grelhas, ou das fachadas cortina de vidro.

Ambos, porém, são constituídos de um suporte, seja uma esquadria ou uma estrutura metálica perfilada, as folhas transparentes, eventualmente folhas de sombreamento (brises), selantes e acessórios, como ferragens.

Estes componentes, são denominados, segundo a classificação de Mila, como vãos, pois comunicam interior e exterior. Para que possam ter um comportamento satisfatório, é necessário que atendam a certas exigências de qualidade, assim descritas por Hachich (1997, p. 144):

- ◊ Exigências de segurança: dizem respeito ao comportamento mecânico e ao fogo;
- ◊ Exigências de habitabilidade: com relação à estanqueidade, higrotermia, acústica, aspecto e manobras;
- ◊ Exigências de durabilidade: quanto á conservação das propriedades e aspectos de manutenção e reparos;
- ◊ Exigências de qualidade dos acessórios e dos dispositivos complementares para estanqueidade.

Vidros

Os vidros utilizados na construção civil são classificados em dois grandes grupos. Os chamados **produtos vítreos de base** não recebem tratamentos posteriores e são empregados diretamente na construção, do mesmo modo que saem de fábrica. São os vidros tipo *float* incolores ou coloridos, os vidros estirados, os vidros impressos, *U-glasses* e refletivos. Conhecidos como **vidros de segurança** são os vidros temperados, laminados e aramados. A norma NBR 7199 determina o dimensionamento, as disposições de projeto e de instalação dos vidros na construção civil. De todos estes, o vidro *float*, os laminados e temperados são os mais conhecidos e utilizados.

Trata-se de variações e tratamentos do vidro[1] de base float, podendo receber têmperas, deposição de camadas de películas minerais para torná-lo refletivo, ou sobreposição de chapas de vidro, entremeadas por filmes de polivinil butiral (PVB), passando a ser chamado de laminado.

Os **vidros estirados** são produzidos com espessura de 3mm, podendo ser coloridos ou incolor. Por não receberem tratamentos especiais, fragmentam-se com facilidade em lascas e pedaços cortantes. São indicados para pequenas janela ou vitrôs de locais de pouco uso e não sujeitos a acidentes. São ainda muito utilizados em residências.

Os **vidros *float*** possuem suas faces plenamente paralelas, devido ao seu processo de fabricação, descrito no item Vidros e Pastas, do capítulo VI, p. 3. São produzidos em espessuras variáveis que vão desde 3 a 10mm, podendo ser incolor ou colorido nas versões, bronze, verde e cinza. As placas tem dimensões de 2,80/3,00m x 2,00/2,20/2,40m.

Os **vidros impressos** são translúcidos, com uma ou ambas as faces impressas com desenhos ou motivos ornamentais. Também conhecidos como fantasia, apresentam variações segundo os padrões pontilhado, boreal, miniboreal, martelado, mosaico, tijolinho, canelado, etc. Atuam como barreira visual sem impedir a difusão da luz incidente, portanto sem prejuízo da luminosidade. São produzidos em espessuras de 4 a 10mm, podendo ou não ser temperados.

O **U-glass** é também conhecido como vidro estrutural pois trata-se de um perfilado autoportante com formato em U, podendo ser utilizado para o fechamento de grandes vãos sem necessidade de caixilharia de sustentação. Suas faces uniformes e suaves possuem a propriedade de difundir a luz.

O **vidro refletivo** é feito a partir do vidro *float* incolor ou colorido que recebe em uma de suas faces, uma camada de óxidos metálicos que lhe confere uma determinada reflexão em função da radiação solar incidente. Pode ser produzido por dois processos, a pirólise e a pulverização catódica. Tem por objetivo atender a três requisitos: melhorar o controle de insolação, aumentar o conforto visual, criar um efeito estético requintado. Pode ser produzido em várias cores com espessuras que variam de 6 a 10mm. Ainda, pode receber tratamentos de lapidação, têmpera, ou ser laminado.

Os vidros de segurança são assim chamados pois a sua tecnologia de fabricação ou montagem permite reduzir a probabilidade de acidentes por deformação, choques ou incêndio. São descritos a seguir.

O **vidro temperado** nada mais é que o vidro float submetido a um aquecimento e resfriamento brusco que lhe confere resistência a impactos da ordem de 4 a 5 vezes maior que o vidro comum. Não aceita cortes após a têmpera, devendo ser cortado e furado anteriormente a esta. Sua espessura está entre os 4 e os 10mm e é geralmente utilizado em portas, janelas e aberturas em geral.

O **vidro aramado** é um vidro comum dotado de uma alma em forma de malha metálica que oferece certa segurança. Não produz estilhaços, resiste à corrosão e ao fogo, embora em menor grau que o vidro temperado. A tela metálica assegura a intransponibilidade deste vidro, prevenindo a entrada de intrusos. Possui um custo inferior ao vidro laminado e ao temperado, o que vem a ser uma grande vantagem dependendo da aplicação. As placas são produzidas em dimensões de 2,10 x 1,51m.

[1] O peso do vidro é de 2,5 kg/m^2 . mm.

No **vidro laminado**, uma das funções da película de polivinil butiral é a de reter os fragmentos em caso de arrombamento ou de quebra acidental. A lâmina permanece íntegra não permitindo a transgressão. É indicado para uso em vitrines, clarabóias, parapeitos, sacadas, salas de esporte e piscinas, por exemplo. As placas tem dimensões de 3,20 x 2,00m. Encontrado em diversas espessuras, pode ser resistente à balas de revólveres de diversos calibres e metralhadoras, com uma espessura total de 60mm.

No Brasil, a fabricação de vidro está praticamente apenas nas mãos da Companhia Brasileira de Cristais, Cebrace, uma *joint-venture* da inglesa Pilkington, que controla a Blindex e o grupo francês Saint-Gobain, responsável pela Santa Marina S/A. Atuando há mais de 15 anos, esse grupo movimenta 100 milhões de dólares por ano. (O Vidro Plano, 1994)

Em 1995, a demanda interna de vidro plano no Brasil foi de cerca de 220.000 toneladas. Foram exportadas 300.000 toneladas, principalmente para países da América Latina. (ASSIS, 1996, p. 11)

Dados de 1993 indicam que os vidros planos participam com 26% do mercado, o restante ficando distribuído entre embalagens (56%), vidros domésticos (8%), fibras de vidro (3%) e vidros técnicos (7%). (O Vidro Plano, 1993)

Plásticos

Ainda pouco utilizado como fechamento transparente, o plástico é uma nova opção de material no mercado, atualmente. O mais indicado dentre os plásticos, pela sua transparência e resistência a impactos é o policarbonato, podendo substituir os vidros de segurança. O seu preço ainda é considerado elevado no Brasil, ainda que se equivalha aos preços do mercado internacional. Possui um preço competitivo com relação aos vidros de segurança, podendo ainda, ser utilizado em espessuras menores, em razão do seu desempenho. Por outro lado, graças ao seu peso reduzido, são adotadas estruturas mais delgadas e leves, reduzindo custos.

O policarbonato é produzido em chapas, podendo ser do tipo compactas, alveolares ou corrugadas (utilizadas como telhas). A sua resistência a impactos é 250 vezes maior que a do vidro e 30 vezes maior que o acrílico. As chapas compactas pesam a metade em relação ao vidro, e as chapas alveolares, 10 vezes menos. (DAY BRASIL)

Existem diversos tipos de policarbonato dentro das famílias dos compactos, alveolares e corrugados, dependendo do tratamento que recebem. A grande maioria, é utilizada em fechamentos e coberturas, podendo ser curvados a frio, enquanto alguns tipos especiais podem ser utilizados como folhas, em janelas.

Segundo a Day Brasil, distribuidor autorizado da GE Plastics, o policarbonato é autoextinguível, não propagando chamas e seus gases são atóxicos, sendo aprovado pelas normas internacionais. Tem garantia de General Electric contra o amarelamento por 5 a 10 anos, dependendo do tipo de chapa em questão, pois são protegidos contra ataque de raios ultra violetas. O seu índice de transmissão de luz é praticamente idêntico ao do vidro.

As chapas de policarbonato são produzidas em diversas cores que variam do cristal, ao bronze, cinza, verde, azul e branco leitoso, para as chapas alveolares, e cristal, bronze, cinza e verde, para as chapas compactas. As espessuras vão de 3mm a 16mm. As chapas compactas tem dimensões de 1219mm x 2438mm, 1524mm x 2438mm e 1829mm x 2438mm. Já as alveolares são de 2100mm x 5800mm.

O policarbonato ainda pode ser combinado com o vidro laminado, formando sanduíches com características excelentes de resistência a impactos (resistentes a balas) e isolamento térmico.

Nos edifícios de escritórios de São Paulo, o material que vem sendo mais empregado, como fechamento transparente, é o vidro laminado, pela sua durabilidade e características térmicas e lumínicas e estéticas.

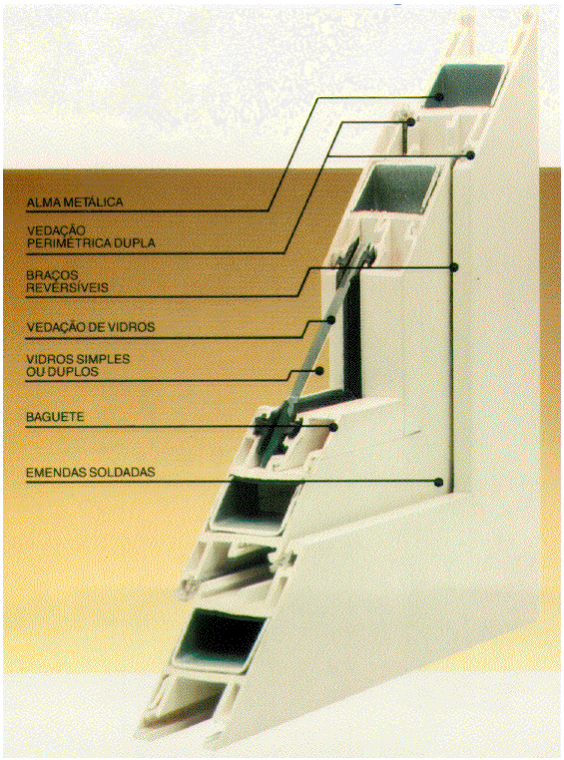


Figura VIII4 - Caixilho de janela de PVC

Fonte: Eurowindow

Esquadrias

As esquadrias são atualmente fabricadas em: madeira, aço, alumínio ou PVC, ou ainda, por uma combinação destes. Existem várias opções de sistema de abertura de janelas. Dentre os mais difundidos estão a guilhotina, de correr, basculante, fixas, de abrir e pivotantes.

As janelas de madeira, devido à sua linguagem e aparência são mais utilizadas em residências, especialmente salas e dormitórios. Necessitam de manutenção periódica para proteção contra as intempéries, pois desgastam-se com a chuva e o sol. Devem ser envernizadas e protegidas por beirais. Existem inúmeros fabricantes, dos mais artesanais, aos mais industrializados, estes últimos possuindo um maior grau de precisão e rigor geométrico. Podem ser feitas sob encomenda e segundo o vão desejado, como podem ser encontradas prontas com medidas diversas, em módulos de 10 cm.

Já as janelas em aço, alumínio e PVC apresentam diversas similaridades construtivas. São constituídas por perfis soldados. Os perfis de alumínio e os de aço são chapas dobradas e soldadas, já os de PVC são extrudados. Os primeiros são montados com parafusos, rebites e soldas para constituir as esquadrias. As janelas de PVC são soldadas, garantindo a estanqueidade à água e ao vento; algumas possuem uma alma de aço, conferindo-lhe maior resistência a deformações.

As esquadrias de aço devem ser protegidas da corrosão por meio de pinturas. Já as de alumínio são mais resistentes, podendo ser deixadas ao natural ou receber uma camada de anodização, que além de protegê-las, permite uma grande diversidade cromática. As esquadrias de PVC são deixadas ao natural pois graças a determinados aditivos e à tecnologia hoje disponível, tornaram-se resistentes à ação dos raios ultra violetas (responsável pelo amarelamento dos plásticos). A pigmentação do PVC é dada na mistura da massa, por isso não mancham nem desbotam; são encontradas em diversas tonalidades variando entre o branco, creme e cinza. São mais leves e de fácil manuseio.

Os caixilhos de PVC são relativamente novos no mercado: foram primeiramente produzidos na Alemanha, em 1955. Hoje representam 45% do mercado total de esquadrias na Europa e 30% nos Estados Unidos.

A padronização dimensional, como já foi mencionado, ainda não existe no Brasil, entretanto, cada fabricante adota uma modulação, que possibilita a industrialização destes componentes. Alguns tamanhos são muito comuns no mercado, o que já permite ao arquiteto projetar dentro de alguma modulação. Os formatos mais difundidos são: 40cm x 40cm, 60cm x 60cm, 60cm x 80cm, 80cm x 80cm, 1,50m x 1,20m, 2,00m x 1,20m, e ainda algumas combinações destes.

Em 1990, criou-se o Programa de Garantia da Qualidade para janelas de PVC. O seu objetivo é a fabricação de produtos que tenham desempenho satisfatório ao longo de toda a sua vida útil. Todas as empresas associadas à AFAP - PVC - Setorial janelas (Associação dos Fabricantes de Perfis de PVC - Grupo Setorial Janelas) participam do Programa de Qualidade. Para participar do Programa, as empresas devem, além de produzir esquadrias, manter uma equipe de assistência técnica para dar suporte aos instaladores e usuários.

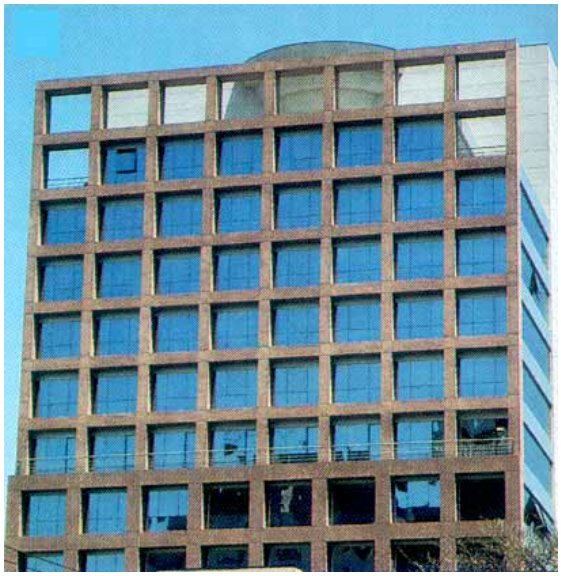


Figura VIII.5 – Edifício Atrium III, arq. Aflalo & Gasperini, fachada em grelha.

Fonte: Projeto, no. 201, p. 58.

Nos edifícios de escritórios, os caixilhos mais utilizados são de alumínio ou PVC. A composição ritmada destes caixilhos gera grelhas nas fachadas, mais ou menos profundas, dependendo da configuração adotada.

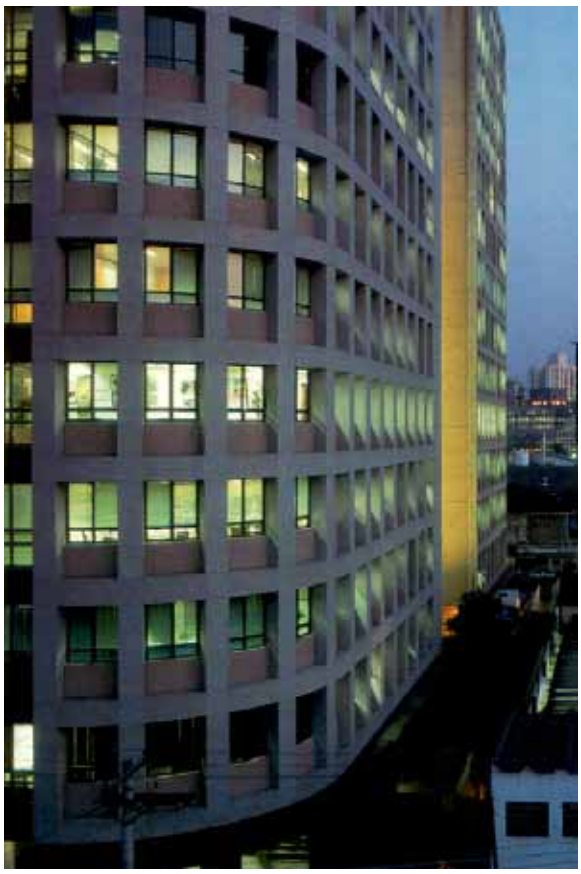


Figura VIII.6 – Edifício Atrium II, arq. Aflalo & Gasperini, fachada em grelha.

Fonte: Projeto, no. 201, p. 61.

Das Fachadas-Cortina ao "Structural Glazing"

Os sistemas descritos a seguir buscam dar maior expressão ao envidraçamento pela diminuição das seções de suporte do mesmo. O princípio é a fixação de uma grelha metálica à estrutura do

edifício e fixando, sobre aquela, grandes panos de vidro, seja colando os painéis com silicone estrutural (glazing) ou por meio de um sistema de encaixes (fachada-cortina).

O sistema *structural glazing* é o extremo tecnológico da "fachada cortina" do *International Style*, pois não revela o suporte, mas apenas delicadas juntas de dilatação, criando verdadeiros "prismas vítreos urbanos". Esta evolução ainda passou pelo sistema "pele-de-vidro", com perfis mais delgados e vidros encaixados.

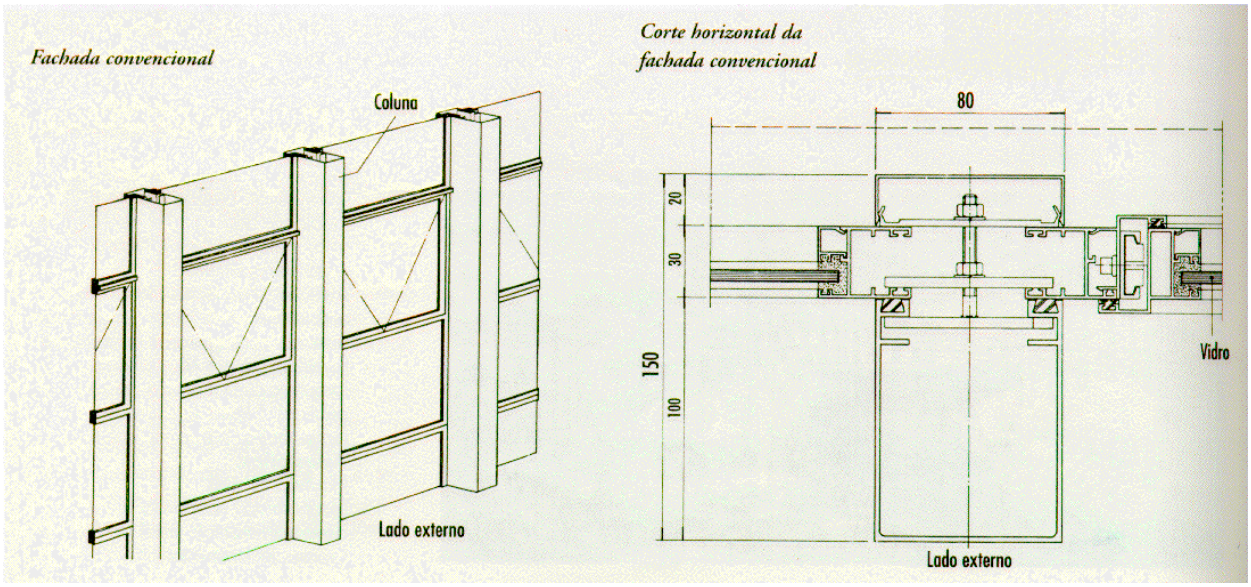


Figura VIII.7 - Fachada cortina de vidro

Fonte: Finestra, no 11, p. 108.

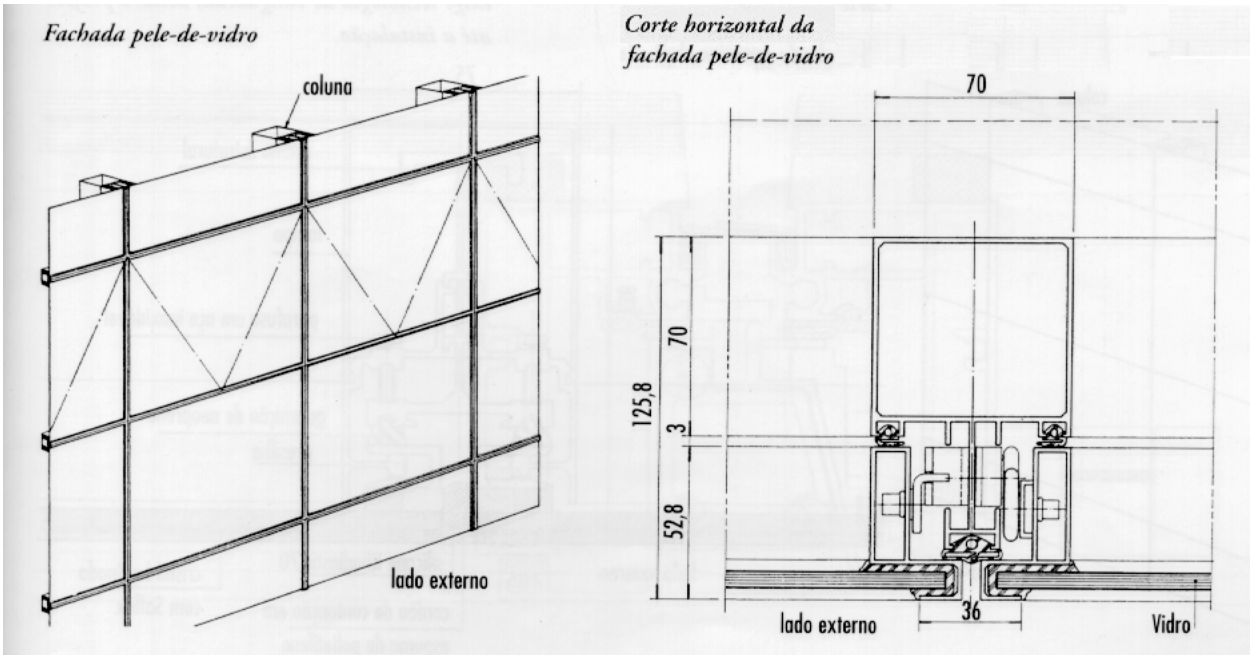


Figura VIII.8 - Fachada pele de vidro

Fonte: Finestra, no 11, p. 109.

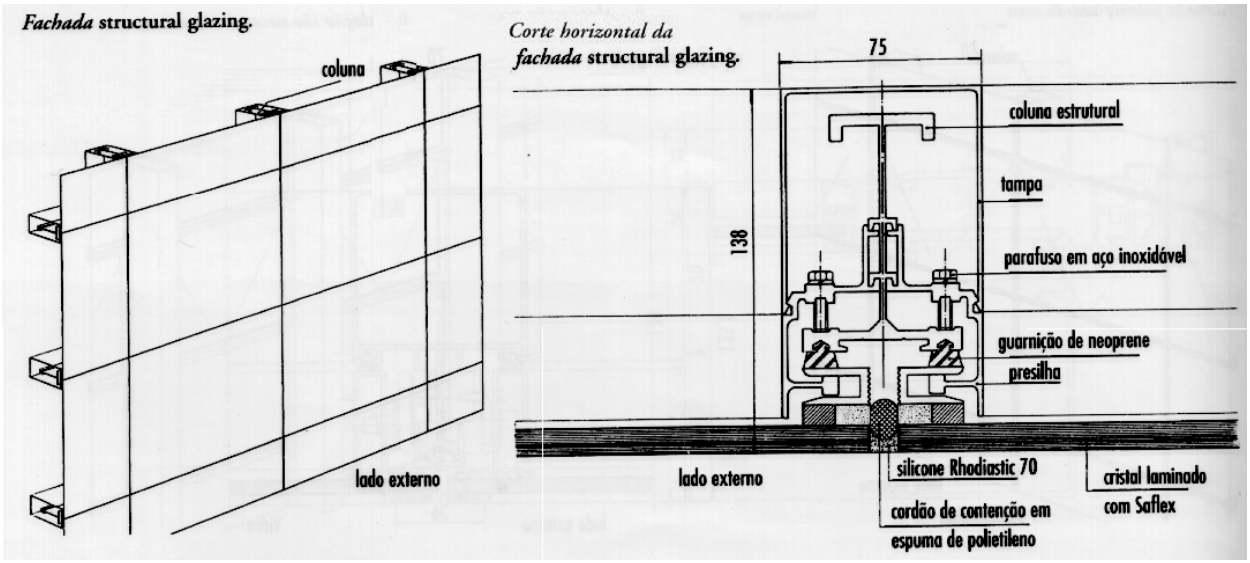


Figura VIII.9 - Fachada structural glazing

Fonte: Finestra, no 11, p. 110.

Na fachada cortina, as colunas de sustentação da malha ficavam voltadas para o exterior do edifício, demarcando fortes verticais, com cerca de 8cm de largura. Estas colunas, perfilados sólidos ou tubulares, foram então voltadas para o interior do edifício, deixando um filete visível mínimo com cerca de 38 mm; estava lançada a pele de vidro. Ainda com o vidro encaixilhado, este sistema já permitia criar fachadas mais neutras, sem a interferência das colunas metálicas. O maior desafio, porém, era quanto à vedação e perfeita estanqueidade do sistema nas juntas.

O sistema structural glazing, desenvolvido nos Estados Unidos e primeiramente implantado em Miami, colocou toda e estrutura de alumínio no interior do edifício e o vidro foi então colado a essa estrutura. O sistema exige um cuidadoso cálculo da superfície e espessura de cola de silicone, além da especificação de sua composição, de acordo com a espessura e dimensões das placas de vidro, dos ventos e da altura do edifício. Vale ressaltar que o silicone empregado na fixação é estrutural, com características bem diferentes do silicone de vedação.

Os vidros chegam à obra já colados aos requadros de alumínio, para serem então fixados à infra-estrutura de colunas e travessas de alumínio, voltadas para o interior do edifício. Entre as placas de vidro deve ser deixado um espaço de cerca de 12 mm, para dilatação. Este espaço é preenchido com silicone de vedação, amparado por uma espuma cilíndrica, que lhe faz de fundo. Outra opção são as juntas de borracha de EPDM. Entretanto, é preciso atentar para a compatibilização de silicones e vedantes de acordo com o tipo de perfis e vidros empregados, pois alguns materiais são incompatíveis.

Atualmente, tanto o sistema pele de vidro, como o structural glazing são largamente empregados em edifícios de escritórios, seja parcialmente ou integralmente nas fachadas.

VIII . c. COMPONENTES PARA REVESTIMENTO EXTERNO

Existem inúmeros revestimentos externos disponíveis hoje no mercado, que variam desde as mais diversas tintas e massas, às cerâmicas, ao alumínio, aço inox, plásticos e rochas. As tintas e

massas, apesar de também serem utilizadas em edifícios de escritórios, não serão analisadas neste estudo, pois aqui, busca-se avaliar os componentes da construção, dentro de um sistema de produção de edifícios mais racionalizado, no qual evita-se ao máximo a produção artesanal e as chances de desperdício.

Pelo mesmo motivo, também as cerâmicas e as pastilhas de porcelana serão deixadas de lado, pois empregam argamassas de assentamento. Em materiais como estes, que são assentados artesanalmente, não raro, é possível encontrar problemas de manchas, fissuras e destacamentos do revestimento na fachada.

Assim, dentre os materiais de revestimento externo, utilizados em edifícios de escritórios, o estudo avaliará três, que tem maior expressão e são bem difundidos, na produção arquitetônica da cidade de São Paulo. São estes: as rochas ornamentais, o alumínio, o vidro.

Rochas Ornamentais

Dentre as rochas ornamentais, as mais empregadas são o mármore, o granito, gnaisse, sienito, ardósia e a pedra mineira. As rochas ainda não possuem uma classificação e nomenclatura exata de suas características físicas. Apesar de já serem bem estudadas e conhecidas as suas propriedades, não existe uma escala que as classifique, por exemplo, em rocha com baixa, média ou alta resistência.

As rochas silicáticas, como o granito, gnaisse e sienito são mais indicadas para revestimentos externos, pois apresentam em sua composição minerais de maior resistência. Já o mármore é sensível à atmosfera poluída e ácida, pois sua composição de carbonato de cálcio possui minerais de menor dureza. Deve ser utilizado para revestimentos internos, sejam verticais ou horizontais de baixa circulação.

Para uso de grandes quantidades deste material é preciso verificar se o fornecedor possui uma reserva suficiente na mina, pois lotes diferentes e principalmente minas diferentes podem gerar padrões distintos. Ainda, é aconselhável submeter amostras a testes e ensaios de desempenho, para verificar a adequabilidade do material.

Quanto às normas técnicas referentes às rochas ornamentais como revestimento, elas dão apenas algumas recomendações básicas, talvez isto se explique pela grande variedade de pedras existentes e as diferentes possibilidades de uso. As rochas ornamentais para fins de revestimento são aparadas em placas, com as dimensões solicitadas pelo construtor. Como aplicação em fachadas de edifícios, elas geralmente são de grandes dimensões, em torno de 80cm/1m, quadradas ou retangulares.

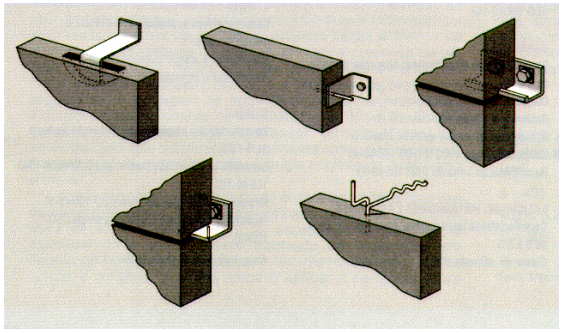


Figura VIII.10 - Fixação de placas de granito
Fonte: Téchne, nº 22, p. 38.

A colocação destas placas pode se dar de duas formas, seja pelo assentamento com argamassa, ou por meio de fixadores metálicos. A primeira opção já foi abolida nos países em que a construção é mais desenvolvida. Isto se deve em parte à tendência de racionalização da construção, da diminuição dos desperdícios, da exigência de maior qualidade e precisão dimensional, mas também porque quando assentadas, as placas não podem ser reaproveitadas. No caso do edifício precisar ser readequado, as placas assentadas só

possibilitam a demolição, enquanto que as placas fixadas permitem a desmontagem e portanto o reaproveitamento das placas.

O sistema tradicional de assentamento com argamassa foi então substituído por um sistema no qual as placas são fixadas por componentes metálicos, também chamados de "inserts". Este sistema, à semelhança do adotado para o *structural glazing*, forma uma malha de sustentação, composta de: grapas ou chumbadores, presos à estrutura do edifício; barras ou cantoneiras reguláveis, para permitir o posicionamento correto das placas; e fixadores que fazem a ligação com a placa.

Este sistema é um processo racionalizado, no qual todos os componentes são fabricados industrialmente. As etapas de execução são definidas em projeto, permitindo o planejamento, reduzindo tempos e desperdícios, permitindo a reutilização e o controle da qualidade.

O sistema ainda permite a criação de um colchão de ar entre o revestimento e o edifício, favorecendo as características de isolamento térmico e acústico. Se necessário, este vão pode ser preenchido por isolantes.

Alumínio

O alumínio é um material nobre e durável, porém caro. É um material que envolve grande desenvolvimento tecnológico e apenas recentemente foi adotado no Brasil. A tecnologia atual chegou a duas linhas de painéis de alumínio: o ACM - Aluminum Composite Material e a chapa em 100% alumínio.

O ACM - Aluminum Composite Material - é um "sanduíche" com duas placas de alumínio de 0,5 mm cada, recheado por uma camada de polietileno de baixa densidade puro, sem aditivos e incolor, variando entre 3,0 mm e 6,0 mm. Esse miolo é colado às placas de alumínio e é o responsável pela resistência mecânica do painel.

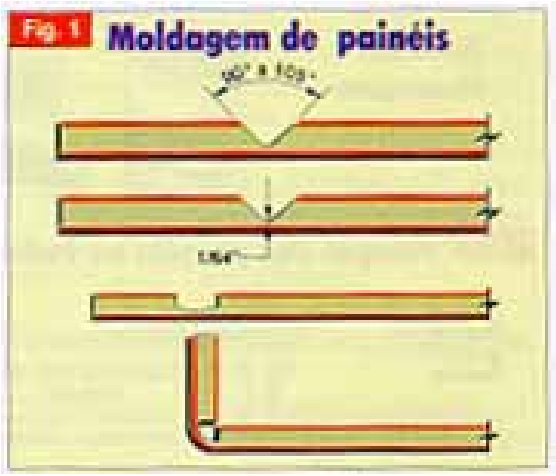


Figura VIII.11 – Moldagem dos painéis de ACM

Fonte: Téchne, nº 22, p. 24.

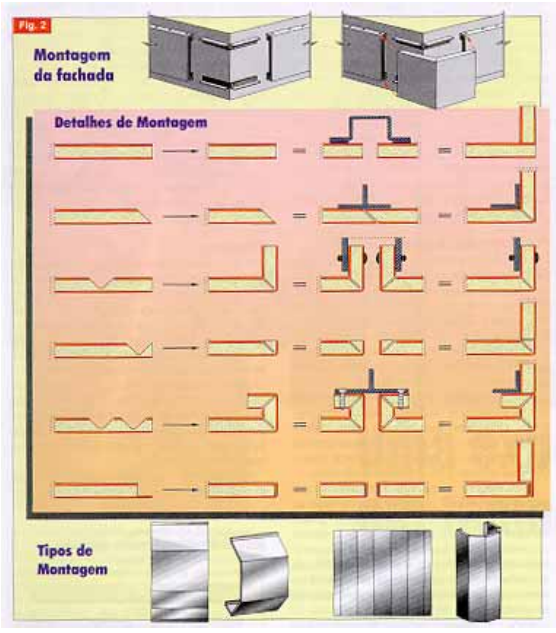


Figura VIII.12 – Montagem da fachada

Fonte: Téchne, nº 22, p. 24.

Os principais fabricantes dos painéis de ACM são Alussuisse e Alcoa. Com sede na Suíça, a Alussuisse, empresa de beneficiamento de alumínio, foi pioneira no desenvolvimento de

revestimentos de alumínio, criando o painel Alucobond. Os painéis de alumínio tiveram grande receptividade na Europa, Canadá e EUA, onde fôra introduzido em 1977. Atualmente, o fornecimento nos Estado Unidos é realizado pela ATI-Alucobond Technologies Inc., membro do grupo A. L. Alussuisse. Outra grande empresa que produz os painéis é a Alcoa, que recentemente adquiriu a Alcan. Só esta última possui 400 fábricas, localizadas em 25 países e emprega cerca de 50.000 pessoas. Dentre as principais atividades da Alcan estão a extração da bauxita (minério que dá origem ao alumínio), a transformação de produtos semi-manufaturados (principalmente chapas de alumínio) e reciclagem. A Alcoa produz os painéis de alumínio composto sob o nome Reynobond.

O painel Reynobond pode ser fornecido em diversos tamanhos e acabamentos, segundo a indicação do projetista, tendo comprimento máximo de 4,877 m e largura de 1,575 m. A superfície é pintada com Colorweld 300/Kynar 500 (resina de PVdF - Polyvinylidene Fluodene), que é uma pintura à base de fluorcarbono, altamente resistente às diversas condições atmosféricas. As placas chegam ao canteiro revestidas por um filme plástico de proteção. Somente no término da obra é que este deve ser retirado, evitando danos e sujeira na fachada. Tanto as chapas de alumínio, como o núcleo não são inflamáveis. O painel mantém suas características inalteradas nas temperaturas entre -40 ^{o}C e +90,5 ^{o}C. A sua massa é de 5,46 kg/m^2, para os painéis de 4 mm (espessura mínima), o que representa leveza com alta resistência mecânica. Quanto ao isolamento acústico, absorve o ruído 9 vezes mais que o alumínio.

As principais vantagens deste tipo de painel são: a rapidez na montagem; a economia de espaço devido às pequenas espessuras, tanto na planta do edifício que os utiliza, quanto na estocagem, ainda que não seja prolongada; a leveza do painel e da sua estrutura de fixação, diminuindo a sobrecarga na estrutura e racionalizando as seções de vigas, pilares e fundações; robustez e resistência aos agentes atmosféricos; facilidade de manutenção e limpeza; variedade de aspecto estético; excelente nivelamento e planicidade da superfície; resistência a impactos; facilidade de conformação de cantos e curvas; e, ainda, não é necessário regularizar a alvenaria das fachadas.

As aplicações dos painéis de ACM são variadas: como elemento decorativo e isolante termo-acústico em arquitetura de interiores; recobrimento de colunas e interiores; em reformas de edificações de diferentes portes; composição em fachadas glazing para edificações de grande e pequeno porte; e revestimento de fachadas, de que trata este trabalho. Os painéis de ACM são fornecidos em diversos padrões que variam desde as cores sólidas, as imitações de pedras e granitos e diferentes padrões de alumínio natural.

Os painéis podem ser moldados em diversos formatos: planos, curvos, de canto reto ou arredondado. Para a execução de painéis de canto, estes sofrem cortes em "V", que vão desde a face

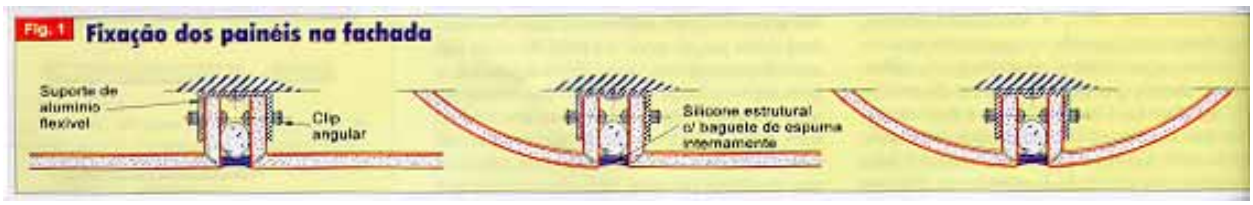


Fig. 1
Fixação dos painéis na fachada
Suporte de alumínio flexível
Clip angular
Silicone estrutural c/ baguete de espuma internamente

Figura VIII.13

Fonte: Téchne. nº 22. p. 24.

interior do painel até o seu núcleo; em seguida os painéis são dobrados e cortados com ferramentas. Quando se deseja painéis curvos estes são calandrados, isto é, são passados entre rolos, que lhes conferem o formato curvo. Todas as placas possuem abas periféricas a 90º, que possibilitam a fixação na fachada.

Para receber os painéis, são colocados na fachada, por meio de parafusos, suportes que permitem o afastamento de alguns milímetros entre a parede e a placa, auxiliando no ajuste do prumo da fachada e no isolamento térmico do edifício.

Entre os painéis pode se ter simplesmente juntas secas ou juntas com silicone estrutural. As juntas secas podem se dar tanto por placas encostadas umas com as outras, como pela colocação de um anteparo ou caixilho por trás da junção, resultando numa fachada uniforme, com pequenas saliências.

Infelizmente, ainda não existem normas no Brasil que regulamentem a colocação e o uso dos painéis de alumínio, os profissionais contam apenas com as normas internacionais, às quais recorrem. Entretanto, algum esforço vem sendo feito pela Afeal – Associação Nacional dos Fabricantes de Esquadrias de Alumínio – no sentido de desenvolver normas inéditas referentes à instalação de painéis colados, o que inclui os painéis de alumínio e as fachadas do tipo *structural glazing*.

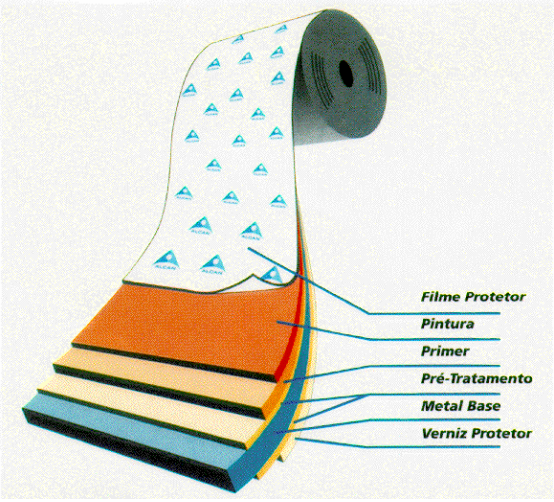


Figura VIII.14 - Wallcap Façade, da Alcan.
Fonte: Alcan

A segunda versão dos painéis de alumínio, são os painéis de 100% alumínio, ou seja, são placas sem a alma de polietileno, estruturadas pelas dobras periféricas. No Brasil, os mais conhecidos são da Alcan, denominados de Wallcap Façade. Foram desenvolvidos para a construção civil, com liga à base de magnésio e pintura no processo "Coil-Coating", um sistema de pintura por multicamadas e resina à base de PVdF (Polyvinylidene Fluodene) na superfície exposta. Esta última camada garante a uniformidade e a estabilidade da cor por um longo período de tempo, além de alta resistência a agentes externos agressivos e poluição.

As aplicações são as mesmas do ACM, desde revestimento interno e externo, totens e pórticos, a revestimentos de vigas e pilares. Semelhantemente, as suas vantagens: alta resistência aos agentes atmosféricos e raios UV; leveza (diminuindo sobrecargas e facilitando o manuseio); grande durabilidade; incombustível (não produz gases tóxicos); planicidade e alta resistência mecânica; estabilidade de cor; 26 cores à escolha; adequabilidade a diversas formas (cantos retos ou curvos); de fácil manutenção; elimina custos com regularização de fachadas.

Diferente do ACM, é totalmente incombustível, reciclável e tem maior resistência mecânica. As placas tem espessura de 2mm e medidas de 1250/1500mm x 3000/5000mm e seu peso é de 5,40 kg/m^2. Como o ACM, são revestidas por um filme protetor que deve ser retirado após a conclusão dos trabalhos em obra.

Por não possibilitar a reciclagem, o ACM praticamente não é mais usado nos Estados Unidos e Europa, e passou a ser substituído por sistemas tipo Wallcap Façade. Esta informação entretanto não é bem conhecida de arquitetos e projetistas,

que ignoram a diferença entre uma tecnologia e outra, e seus efeitos.

Vidro

Os sistemas de pele de vidro e *structural glazing*, descritos no item "b." deste capítulo, funcionam tanto para fechamento móvel, como para revestimento externo. Se assim utilizados, combinando-se estas funções, constituem verdadeiras esculturas envidraçadas, na paisagem urbana. Ou seja, onde necessário, o vidro funciona como janela, e no restante do edifício, funciona como revestimento e proteção.

Podem ser empregadas variações de vidros, dependendo da insolação das fachadas e do partido arquitetônico, tanto em tamanho, quanto em coloração e tratamentos; podem ainda, receber tarjas fotovoltáicas para absorção de energia solar. Vale ressaltar que se trata de um material durável, nobre e belo, mas que exige atenção quanto à vedação (água e ventos), insolação e isolamento termo-acústico.

Uma Possível Opção: o Plástico

Comercialmente, no Brasil, não foi desenvolvido, até o presente momento, nenhum sistema de revestimento plástico, para ser utilizado em edifícios de grande altura. O sistema mais próximo disponível é o "siding", um sistema de lâminas horizontais ou verticais em PVC. O "siding" vem sendo empregado nos Estados Unidos e Europa há mais de 20 anos, em fachadas residenciais, comerciais e institucionais, de no máximo 3 pavimentos, sejam de madeira ou de alvenaria.

São perfis sobrepostos na fachada, fixados por meio de parafusos, diretamente sobre a alvenaria, dispensando assim o chapisco. São leves, de fácil aplicação e dispensam manutenção. Resistem à atmosferas marítima e industrial, são auto-extinguíveis e auxiliam no isolamento termo-acústico. Tem durabilidade de aproximadamente 20 anos. São disponíveis em padrões imitação madeira e nas cores branco, bege, cinza e verde, em tons suaves.

Apesar das excelentes qualidades do PVC, inclusive a possibilidade de reciclagem, a linguagem do "siding" e a forma de montagem não são adequadas aos edifícios comerciais de grande altura, que requerem uma estética mais

Figura VIII.15 - Fachada em Siding

Fonte: Internet

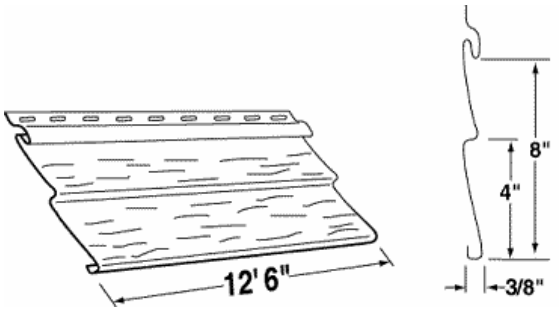


Figura VIII.16 - Elementos de Siding

Fonte: Internet

sofisticada e internacional. Falta no mercado uma opção de revestimento plástico, com todas suas qualidades, de fácil montagem e linguagem apropriada aos edifícios de escritório.

Como já mencionado, os elementos de revestimento mais empregados em edifícios de escritórios de grande altura são o vidro, as rochas ornamentais e o alumínio. Embora, não façam parte do escopo deste trabalho, as massas de revestimento, as pinturas e as cerâmicas são ainda largamente utilizadas devido principalmente aos custos inferiores destes materiais e principalmente ao baixo custo da mão-de-obra, ainda que se trate de um trabalho artesanal.

VIII . d. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCAN. Wallcap Façade, Revestimento 100% Alumínio. Folheto informativo do fabricante. /s.n.t./.

ASSIS, Rosana Maria Caran de. Vidros e Conforto Ambiental: Indicativos para o Emprego na Construção Civil. São Carlos, 1996, Dissertação de mestrado, EESC-USP, 29-03-96.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto, Execução E Aplicações - Vidros Na Construção Civil; procedimento; NBR 7199. Rio de Janeiro, 1988.

Atire a Primeira Pedra. Téchne. São Paulo: Pini, nº 22, mai./jun. 1996, p. 35-38.

BLOKRET. Catálogo do fabricante.

CERÂMICA SELECTA. Catálogo do fabricante.

DAY BRASIL. Policarbonato; catálogo de produto.

EUROWINDOW. Catálogo do fornecedor.

Evolução das Fachadas Cortina na Arquitetura Brasileira. Finestra. São Paulo: Archimídia, nº 11, out./dez. 1997, p. 108-111.

GUIDA NETO, Nicolau Antonio. Os Componentes Construtivos da Habitação: Vedação. São Paulo, 1984. Dissertação de mestrado. FAUUSP.

HACHICH, Vera Fernandes. *Fechamentos de Fachadas e Coberturas - Esquadrias e Telhas*. In: II Encontro Tecnologia de Sistemas Plásticos na Construção Civil. 1997, São Paulo. Anais. São Paulo, Poli-Civil, 1997, p. 134-179.

ILAM - INSTITUTO LATINO AMERICANO. Como Construir Paredes de Taipa. São Paulo: ILAM, 1994.

MILA, Ariosto. O Edifício. São Paulo, FAUUSP, /s.d./.

O VIDRO PLANO. Nº. 244, março, 1993. (Citado por ASSIS, Rosana Maria Caran de. Vidros e Conforto Ambiental: Indicativos para o Emprego na Construção Civil. São Carlos, 1996, Dissertação de mestrado, EESC-USP, 29-03-96.)

O VIDRO PLANO. Nº. 255, fevereiro, 1994. (Citado por ASSIS, Rosana Maria Caran de. Vidros e Conforto Ambiental: Indicativos para o Emprego na Construção Civil. São Carlos, 1996, Dissertação de mestrado, EESC-USP, 29-03-96.)

ORNSTEIN, Sheila Walbe; ROMERO, Marcelo Andrade; (Coord.). Dossiê da Construção do Edifício. São Paulo: FAUUSP, 1992.

Quando a Arquitetura Contribui para Fazer a Cidade, Qualificando o Ambiente Urbano em Diversas Escalas. Projeto Design. São Paulo: Arco editorial, nº 201, out. 1996, p. 56-63.

RIPPER, Ernesto. Manual Prático De Materiais De Construção. São Paulo: Pini, 1995.

IX PRODUÇÃO DE MATERIAIS

Afortunadamente, a maioria dos materiais utilizados na construção são abundantes na natureza e amplamente distribuídos na face da Terra. Afora o oxigênio, que está presente em toda parte, a sílica, o ferro e o alumínio são os elementos mais comuns na crosta terrestre e são estes os principais materiais utilizados na construção. (UNCHS, 1993, p. 29)

Diferente dos minerais, todos os materiais vegetais utilizados na construção são a princípio renováveis, já que podem ser regenerados. Entretanto, algumas práticas de exploração abusiva tem caracterizado algumas espécies como em extinção e de difícil regeneração.

Diversos metais são utilizados na construção civil e o número de reservas ou jazidas conhecido é limitado. A tabela abaixo mostra as reservas mundiais conhecidas, bem como o consumo anual e a vida útil estimada para essas jazidas. Entretanto, é importante lembrar que o cálculo destas reservas envolve suposições quanto a dimensão de algumas jazidas que não tenham sido totalmente investigadas, e a concentração e localização, econômica e tecnologicamente viável para exploração. A atividade de extração necessita de energia, de modo que a viabilidade econômica também depende dos preços praticados para a energia. Por outro lado, a medida que o preço de um material aumenta, o incentivo para se encontrarem novos materiais aumenta e a quantidade de depósitos conhecidos também aumenta.

Em 1989, (UNCHS, 1993, p. 18) mais de 95% da energia mundial era produzida pela queima de combustíveis fósseis, como petróleo, gás natural e carvão mineral, sendo que os 5% restantes provinham de energia primária a partir de hidroelétricas, plantas nucleares, geotérmicas e eólicas, como mostra a tabela a seguir.

A energia necessária para produzir uma tonelada de um material de alto consumo energético pode chegar a ser 100 vezes maior que a de um material de baixo consumo energético. A tabela a seguir mostra a energia embutida nos materiais de construção, com relação ao seu peso (massa).

Os materiais de alta energia embutida são aqueles cujos valores estão acima de 5 GJ/ton, sendo estes o alumínio, aço, plásticos, vidro e cimento. Todos

Metal	Consumption 1990 (thousand tonnes)	Base Reserves 1990 (million tonnes)	Base Life Index (years)
Aluminum (Bauxite)	17.878 (Al)	24.500 (Ba)	225
Copper	10.773	550	62
Lead	5.544	120	36
Nickel	842	109	116
Tin	229	6	28
Zinc	6.973	295	40
Iron Ore	925.000	229.000	265

Tabela IX.1– Consumo e reservas de alguns metais

Fonte: World Resources Institute, 1992. (UNCHS, 1993, p. 29)

estes materiais são produzidos em larga escala e necessitam de processamentos de altas temperaturas. Principalmente em países em desenvolvimento, onde ainda são utilizadas plantas de produção antigas, o custo energético destes materiais pode chegar a ser muito superior daquele em países industrializados.

O grupo dos materiais de média energia embutida é daqueles que requerem entre 0,5 e 5 GJ/ton para serem produzidos. A escala de produção é menor e usam tecnologias tradicionais, muitas das quais são pouco eficientes energeticamente. Este grupo inclui concreto, cal, gesso, blocos (concreto e sílico-calcáreos), tijolos e telhas.

	Production, 1989 (GJ x 10^6)	Increase since 1979 (per cent)
Fossil fuels and wood (95,4 %)		
Solid	95.713	26
Liquid	130.299	-4
Gas	70.497	33
Primary electricity (4,6%)		
Geothermal and wind	141	244
Hydro	7.539	23
Nuclear	6.783	201
Total	310.972	14

Tabela IX.2 – Produção mundial de energia comercial, 1989 e aumentos desde 1979.

Fonte: World Resources Institute, 1992. (UNCHS, 1993, p. 18)

Já os materiais de baixa energia embutida são aqueles que incorporam menos de 0,5 GJ/ton, como por exemplo, agregados, pozolanas, terra e solo estabilizado. A madeira quando local, pertence a este grupo. Entretanto, para a maioria dos países industrializados que importam a madeira, esta é classificada como de média energia. A maioria destes materiais emprega grande quantidade de energia manual ou animal, mas que vem sendo amplamente substituída por maquinários; afora a madeira, são geralmente utilizados em combinação com outros materiais altamente energéticos.

	Primary Energy Requirement (GJ/tonne)
Very High Energy	
Aluminum	200-250
Plastics	50-100
Copper	100+
Stainless steel	100+
High Energy	
Steel	30-60
Lead, zinc	25+
Glass	12,25
Cement	5,8
Plasterboard	8,1
Medium Energy	
Lime	3-5
Clay bricks and tiles	2-7
Gypsum plaster	1-4
Concrete:	
in situ	0,8-1.,5
blocks	0,8-3,5
precast	1,5-8
Sand lime bricks	0,8-1,2
Timber	0,1-5
Low Energy	
Sand, aggregate	<0,5
Flyash, RHA, Volcanic ash	<0,5
Soil	<0,5

Tabela IX.3 – Demanda de energia para produção de materiais

Fonte: UNCHS, 1991, p. 13.

Como os materiais de alta energia são geralmente produzidos em larga escala, estes requerem também maior energia para o seu transporte e distribuição, do que os materiais de média e baixa energia. O custo energético para o transporte de materiais de construção em 100 km de rodovia é de 250MJ/ton (BENDING e EDEN, 1984).

Isto pode significar um acréscimo energético de 10 a 15% para tijolos, considerando um percurso de 100 km, mas pode ser muito maior já que com freqüência, nos países em desenvolvimento, as fábricas localizam-se a distâncias muito maiores dos destinos de sua produção. O transporte por ferrovias ou hidrovias é energeticamente menor, Bending e Eden (1984) fornecem números como 50 a 100MJ/ton para ferrovias e 70 a 100 MJ/ton para hidrovias, a cada 100 km percorridos.

IX . a. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENDING, R.; EDEN, R. UK Energy: Structure, Prospects and Policies. Cambridge University Press, 1984.

UNCHS - United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). Energy for Building. Nairobi, UNCHS, 1991.

UNCHS - United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). *Promoting Sustainable Construction Industry Activities*. In: First Consultation on the Construction Industry. Tunis, 3-7 maio 1993. Documento não publicado, distribuição limitada.

X ENERGIA NOS EDIFÍCIOS

X . a. INTRODUÇÃO

No Brasil, ainda não existe instrumento legal capaz de verificar o desempenho das edificações, entretanto existe uma metodologia de Avaliação Pós Ocupação desenvolvida por um grupo de professores da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, que já foi comentada no capítulo III. Em conjunto, as APOs e os sistemas de gerenciamento predial podem fornecer excelentes dados para as Avaliações Pré-Projeto e os programas de simulação. Estes são ferramentas importantíssimas e muito úteis na fase de projeto, pois permitem estimar e prever uma série de comportamentos do edifício. Existem, por exemplo, programas específicos para o consumo de energia nas edificações – ESPr, ArqTrop, Solar 2 – que vão desde a insolação e ventilação natural, até a estimativa da demanda energética para diversos fins, iluminação, controle térmico e equipamentos. Instrumentos como estes fornecem ao arquiteto os dados necessários para uma melhor tomada de decisão na fase de projeto, prevendo e antecipando o funcionamento do edifício, podendo ainda se privilegiarem as formas passivas de energia.

Na prática da arquitetura é possível adotar atitudes que protejam o meio ambiente, pelo uso correto dos recursos naturais e da energia. Atualmente, duas correntes arquitetônicas, brevemente expostas no capítulo IV, defendem estes princípios, porém com algumas diferenças.

Por um lado, a Arquitetura Sustentável supõe o emprego de materiais de construção e componentes de baixa energia embutida, que utilizem recursos renováveis ou largamente disponíveis, de preferência encontrados localmente, e cujos processos de produção não danifiquem o meio ambiente. Ressalta-se o transporte dos materiais por pequenas distâncias e processos construtivos de baixo desperdício e reduzido consumo energético.

De outro lado, a Arquitetura Bioclimática defende o uso da energia de forma passiva, pela correta escolha dos materiais de construção, da forma e orientação das edificações, de modo a favorecer o conforto ambiental dos espaços, segundo suas funções. Deste modo, minimiza-se a necessidade de equipamentos para climatização e o conseqüente consumo de energia.

Se aos fabricantes cabe a responsabilidade de encontrar formas de produção e processos mais econômicos energeticamente, aos projetistas cabe saber quanta energia pode ser poupada na melhor escolha de um sistema construtivo e dos componentes de construção, de modo que os demais requisitos físicos não sejam sacrificados, como resistência, desempenho térmico e custos.

UNCHS (1991, p. 8) fala da responsabilidade de designers e projetistas no processo de especificação de materiais utilizados nos edifícios, já que não se pode ter controle de como os edifícios serão utilizados posteriormente, no que diz respeito à energia:

> *Building designers have much more direct control over the total amount of energy embodied in a building, through the selection of materials, than they have over the amount of energy consumed annually in use, which is greatly affected by the way the occupants use the building*.

Uma série de estudos e pesquisas realizados pelas Nações Unidas, discutem o conceito de sustentabilidade na indústria da construção civil, fornecendo dados da degradação, do consumo mundial dos recursos, e apontando políticas e práticas para uma maior eficiência energética dos edifícios, bem como da energia embutida nos materiais. Apesar de alguns destes trabalhos ainda não haverem sido publicados e terem uma distribuição restrita, as informações neles contidas são de enorme relevância para esta discussão, e em se tratando de uma fonte extremamente confiável e consolidada, optou-se pela sua utilização para fornecer subsídios a este trabalho. Muitos destes dados, apresentados em tabelas, foram mantidos na língua original, para que não se perdesse o verdadeiro sentido de algumas construções idiomáticas.

Felizmente, diversas pesquisas sobre o uso de energia elétrica em edifícios vem sendo desenvolvidas por vários grupos nas principais universidades do país (Florianópolis, Salvador, Porto Alegre, Rio de Janeiro e São Paulo, entre outras), a maioria em parceria com entidades governamentais. São trabalhos que vão desde o estado da arte, trabalhos que analisam o potencial de conservação de energia de determinados edifícios, até o consumo segundo diversos fins, de acordo com o uso dos edifícios.

O PROCEL tem-se mostrado bastante engajado com a questão da eficiência energética e tem financiado diversas pesquisas na área de consumo de energia em edificações, foram, por exemplo, cerca de 40 projetos financiados entre 1985 e 1994.

O PROCEL é um programa de governo que articula com todos os segmentos da sociedade que de alguma forma estejam ligados à questão da energia elétrica. Este programa é de responsabilidade da ELETROBRÁS, que por sua vez faz parte do Ministério das Minas e Energia.

Desde 1994, o PROCEL vem passando por um processo de revitalização, visando estruturar e capacitar o programa, conforme explica Antonio Imbassahy, presidente da Eletrobrás (LIMA, 1996) e coloca a seguir.

> Em 1995, foram investidos R$ 30 milhões no combate ao desperdício de energia elétrica, o que equivale a todos os investimentos feitos desde sua criação, em dezembro de 1985, até 1994 (R$ 33,5 milhões). Os resultados obtidos em 1995 (750/GWh de energia conservada e investimentos evitados de R$ 300 milhões) eqüivalem aos resultados nos seis primeiros anos do programa (1986 a 1992), ou seja, em um único ano foi feito o que antes levaria seis anos.

Vale ressaltar que “disponibilizar 1kW custa, conservando energia, 15 vezes menos, se comparado ao investimento em novas usinas, redes de transmissão e distribuição” (LIMA, 1996).

Neste trabalho buscou-se ressaltar a energia no edifício em sua fase preliminar, como já foi colocado no capítulo I, ou seja, a energia embutida nos materiais de construção do edifício, deixando para os trabalhos acima mencionados a missão de explorar a energia na fase final do edifício, isto é, na sua utilização.

Portanto, nesta revisão bibliográfica são apresentados estudos realizados por pesquisadores nacionais de renome, que demonstram a energia embutida nos principais materiais de construção, em diferentes tipologias, bem como alguns dados energéticos gerais da utilização dos edifícios.

X . b. ESTUDOS INTERNACIONAIS

A energia embutida num edifício é a energia utilizada em todos os estágios de sua produção e construção. A figura a seguir ilustra o processo de análise da energia, em quatro etapas. A primeira é a energia utilizada no processamento dos materiais, para gerar os componentes, ou sua forma final. A segunda mostra a energia utilizada na produção dos materiais, propriamente dita. A terceira refere-se à energia utilizada nos equipamentos e obtenção da matéria prima. A quarta inclui o equipamento necessário para produzir as máquinas e ferramental necessário. É muito provável que entre algumas destas etapas ocorra transporte de materiais e a energia utilizada neste transporte, também deve ser considerada.

Estudos sobre a energia embutida nos edifícios, realizados pelo UNCHS (1991), mostram que 80 a 90% da energia é utilizada na produção e transporte dos materiais de construção antes de serem levados à obra. Somente 10 a 20% são necessários no processo de construção do edifício propriamente dito. Estes índices aproximam-se dos dados de Mascaró (1983), apresentados no capítulo IV, p. 2. Da energia utilizada na produção de materiais de construção, grande parte concentra-se na produção de um pequeno número de materiais, como concreto, aço, cimento, blocos e tijolos.

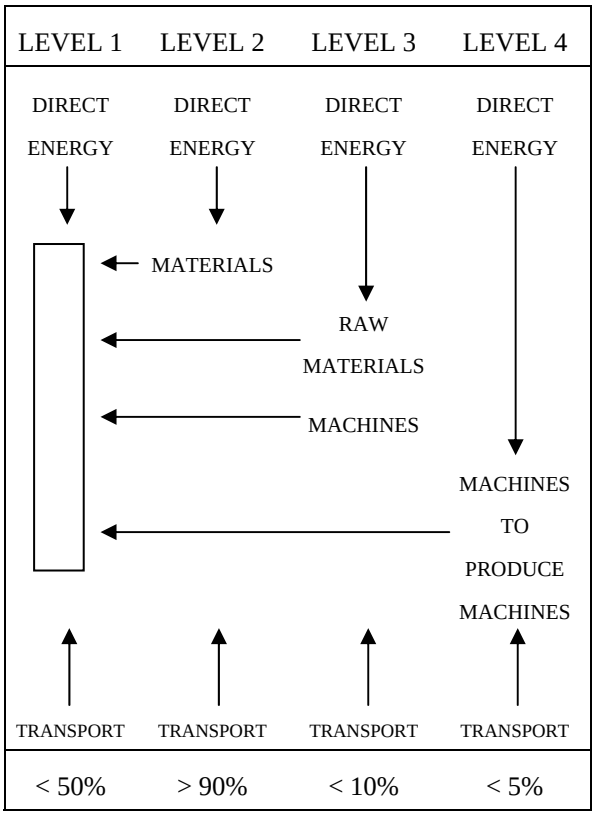


Figura X.1 – Fluxo de materiais e energia na produção de edifícios

Fonte: UNCHS, 1991, p. 10.

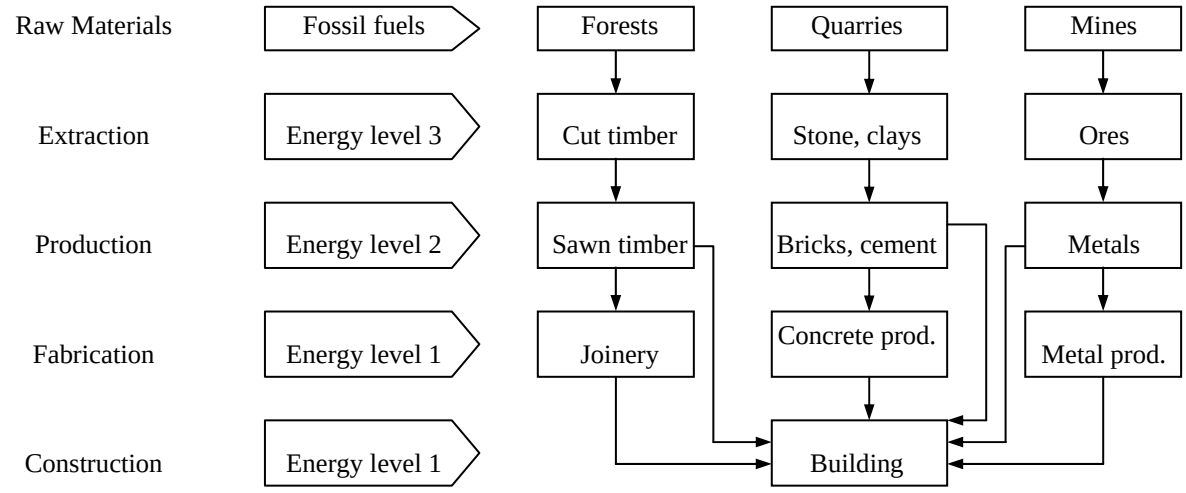


Figura X.2 – Níveis de energia embutidos nos materiais e construção de edifícios

Fonte: UNCHS, 1991, p. 10.

Segundo as pesquisas (Chapman e Roberts, 1983), os níveis 3 e 4 dificilmente contribuem em mais de 10% da energia bruta necessária. Na maioria dos processos de fabricação dos materiais de construção, a etapa 1, apenas, é capaz de dar uma boa noção do consumo de energia, pois é nela que ocorrem os processos a quente, utilizando fornos e caldeiras a elevadas temperaturas, demandando as maiores parcelas de energia. Esta afirmação é válida para a produção de cimento, tijolos, cal e vidro. Entretanto, a energia necessária no transporte destes materiais até a obra pode ser muito significativa, dependendo das distâncias percorridas e do meio de transporte utilizado.

O organograma da figura anterior apresentado por UNCHS (1991, p. 10) ilustra as etapas de fornecimento energético que devem ser consideradas no cálculo de demanda total para produção dos materiais, ou seja, sua energia embutida.

Diversos estudos sobre o consumo energético foram conduzidos na década de 70 e 80, em função da crise energética e da alta nos preços do petróleo, como por exemplo o de Stein e Serber (1979). O estudo propõe a criação de um manual da energia embutida nos materiais de construção, para que projetistas, engenheiros e arquitetos tenham parâmetros de comparação energética entre os diferentes materiais e possam efetuar as substituições necessárias para diminuir o consumo total do edifício. O estudo fornece uma pequena amostra do que seria tal manual, dando valores de energia embutida para diversos materiais como madeiras, vidros, pedras, tijolos, metais e derivados de petróleo. Esta tabela encontra-se no anexo 3 deste trabalho. Esses dados foram desenvolvidos através de aproximações e equivalências entre US$/componente e Btu/US$.

Quanto aos componentes da envoltória externa do edifício, muito solicitados quanto à resistividade térmica, é preciso se fazer um balanço de quanta energia é necessária para se economizar energia. A tabela a seguir, com base em Biggs (1991) e publicada por UNCHS (1991, p. 61) mostra o custo energético de diferentes materiais, por unidade de resistência térmica.

É preciso entender que compensações são necessárias, para se chegar a um ótimo energético, satisfazendo as necessidades de desempenho da edificação. Por exemplo, materiais altamente energéticos, como o vidro, podem ser utilizados em detrimento de suas qualidades de transparência e durabilidade. Por outro lado, materiais de baixa energia embutida, como o poliestireno, provocam

Material	Resistivity, r (MK/W)	Bulk density (Kg/m^3)	Energy (KJ/kg)	Cost of one unit of resistivity (KJ)
Foamed polystyrene	29,4	25	120.000	74
Glass wool	23,8	145	150.000	91
Timber (softwood)	7,7	500	1.170	110
Gypsum plaster	2,7	1.200	1.800	800
Light-weight concrete	0,7	1.200	720	1.252
Mass concrete	0,48	2.400	720	3.600
Glass	0,95	2.500	15.000	3.947
Rigid PVC	6,2	1.350	116.000	25.270

Tabela X.1 – Energia necessária para obtenção de uma unidade de resistência térmica para diferentes materiais

Fonte: UNCHS, 1991, p. 61 (a partir de Biggs, 1991).

danos à natureza devido à utilização de gases como os CFCs (Cloro Fluor Carbonos) em seu processamento, ou a lã de vidro que pode causar problemas à saúde. A questão da escolha de materiais é muito mais complexa do que estas simples tabelas mostram, e o tema das compensações entre o custo energético dos materiais e a economia de energia deve ser considerado no contexto da vida útil energética do edifício. Entretanto, estas tabelas servem como indicativo dos custos energéticos dos materiais de construção e de alguma forma auxiliam no processo de especificação.

Semelhantemente, comparações entre diferentes componentes devem ser feitas tomando em conta o custo energético total do componente montado. Para isto deve-se incluir:

- ◊ o custo energético para produção dos componentes;
- ◊ o transporte dos componentes até a obra;
- ◊ o custo energético das operações de construção e montagem do edifício.

Os custos para montagem e construção incluem toda a operação do canteiro de obras e seu maquinário, aquecimento/refrigeração, iluminação, serviços temporários e transporte dentro da obra. Para materiais de alta energia embutida, estes custos podem representar apenas uma pequena porcentagem, mas para materiais de baixa energia incorporada este pode ser um fator muito significativo em termos de consumo energético.

Alguns estudos ignoram estes dados, afirmando que para qualquer sistema construtivo utilizado os valores se equivalem, outros assumem valores gerais por m^2 de construção, de acordo com a finalidade do edifício. A tabela a seguir, realizada a partir de Stein (1981) por UNCHS (1991, p. 62) exemplifica as estimativas energéticas para diversos tipos de edificações, considerando a energia para construção propriamente dita (energia direta) e a energia associada a todos os bens e serviços providenciados pelo construtor mas que não são diretamente incorporados ao edifício (energia com serviços gerais). De modo geral, a energia de construção que é a soma destas duas, chega a significar entre 15 e 35% de toda a energia embutida nos materiais.

Sendo o fechamento vertical externo, o órgão que constitui a maior parte da massa de um edifício, e portanto a maior fonte de energia incorporada, a escolha destes deve ser feita com muita atenção no sentido de diminuir o total de energia embutido no edifício. A tabela seguinte, apresentada por UNCHS (1991, p. 68), a partir de estudos de Rai (1986), mostra a demanda energética para diferentes sistemas de fechamento vertical na Índia, porém não considera nenhuma proteção externa ou revestimento específico para controle ambiental (umidade, temperatura). As paredes aqui comparadas tem espessura em torno de 10cm

Tipo de construção	Construção (MJ/m^2)	Serviços gerais (MJ/m^2)	Total (MJ/m^2)
Residencial, unifamiliar	422	262	684
Residencial, edifício multifamiliar	695	239	934
Hotéis e motéis	1.117	422	1.539
Edifícios industriais	673	139	810
Edifícios de escritórios	1.824	581	2.405
Lojas e restaurantes	1.128	330	1.458

Tabela X.2 – Consumo de energia no processo de construção de diferentes tipos de edifícios

Fonte: UNCHS, 1991, p. 62 (a partir de Stein, 1981).

Wall assembly	Material	Unit	Quantity	MJ/unit	MJ	Total energy MJ	Rel. (percentage)
Solid brick 115mm, plastered both sides	Bricks	Number	56	4,27	239		
	Cement	Bag	0,47	4,00	191		
	Sand	m^3	0,07			430	100
Hollow-concrete block, 100mm, plastered both sides	Cement	Bag	0,42	400	170		
	Sand	m^3	0,07	420	30		
	Aggregate lime	m^3	0,005	7000	35	235	55
Aerated-concrete block, 100mm, plastered both sides	Cement	Bag	0,40	400	162		
	Sand	m^3	0,36				
	Lime	m^3	0,005	7000	35	197	46
Stone masonry, 100 mm, plastered both sides	Cement	Bag	0,385	157			
	Sand	m^3	0,34				
	Aggregate	m^3	0,05	420	21		
	Stone	m^3				178	41
Timber framework with plywood panel	Timber	m^3	0,0042	0,81	0,34		
	Plywood sheets	m^3	2	10,4	20,4	21	5

Tabela X.3 – Comparativo de demanda energética para diferentes sistemas de fechamento vertical interno

Fonte: UNCHS, 1991, p. 68 (a partir de Rai).

e a energia incorporada é muito variável. Em todos estes sistemas apresentados, os valores de energia embutida seguem as proporções existentes entre os seus principais materiais constituintes. De modo que, o sistema de tijolos utiliza a maior energia, os blocos de concreto (aerados ou furados) metade da energia dos tijolos, a pedra (cantaria) utiliza menos energia ainda, cerca de 20% a menos que os blocos de concreto neste caso, e o sistema em madeira necessita apenas 5% da energia utilizada no sistema de tijolos.

Apesar do sistema em madeira mostrar-se um grande poupador de energia, nem sempre é o mais apropriado, pois a sua durabilidade é inferior à cantaria, blocos e tijolos, e necessita de manutenção periódica. Os valores para a madeira são baixos por ser de extração local e utilizar em grande parte trabalho manual. Entretanto, ainda que esta fosse importada e processada mecanicamente, os valores de energia embutida chegariam a 2.000 MJ/m^3, sendo portanto ainda inferior à alvenaria.

A partir dos estudos de Haseltine (1975), o UNCHS (1991, p. 70) apresenta um quadro com

Description	Relative energy requirement
Concrete frame, aluminium windows, cavity brick wall	194
Concrete frame, aluminium curtain walling (windows 50%)	272
Concrete frame, aluminium windows (33%)	175
Concrete frame, timber windows (33%)	124
Loadbearing brick, aluminium windows (33%)	151
Loadbearing brick, timber windows (33%)	100
Loadbearing cavity brick no windows	143
Concrete frame, aluminium windows (33%) precast concrete cladding	287
Precast concrete cladding, no windows	324

Tabela X.4 – Comparativo de energia embutida em diferentes sistemas de fechamento externo no Reino Unido

Fonte: UNCHS, 1991, p. 71 (a partir de Haseltine).

Type of housing	Concrete	Steel	Masonry	Timber	Internal	Roof finishes	Total (MJ/m^2)
Unit	m^3	kg	m^2	m^3	m^2	m^2	
Energy/unit (MJ)	1600-3000	47	100-450	2500	65	150	
Type a: two-storey brick/block walls, tile on timber	246-317	14	364-1324	265	247	99	1235-2260
Type b: as type a, light-weight infill walls	213-273		384-947	265	247	99	1207-1831
Type c: five storey reinforced concrete flats, floor	264-333	541	387-1298	173	273	62	1700-2680
Type d: multi-storey flats	1807-2208	1904	114-331	65	272	23	4803

Tabela X.5 – Comparativo da energia necessária para diferentes sistemas construtivos de habitação

Fonte: UNCHS, 1991, p. 81 (a partir de Gartner e Rankin).

diferentes sistemas de vedação externa para edifícios, sejam para uso residencial ou comercial. Consideram-se diversos materiais e sistemas estruturais, diferentes proporções de aberturas e materiais de caixilharia.

Os resultados são aqui apresentados em valores relativos à solução de menor energia, tijolos autoportantes com pequenos caixilhos de madeira. A substituição dos caixilhos de madeira por alumínio significou um acréscimo energético de 50%. Porém substituir o sistema estrutural por concreto armado e tijolos de vedação, mantendo as aberturas em 33% e caixilharia de madeira, significa um acréscimo de apenas 24%. O sistema com estrutura de concreto armado e fachada cortina de alumínio com 50% de janelas, implica num acréscimo energético de 2,72 vezes, contra 1,94 vezes para o sistema de concreto na estrutura, fechamento em tijolos furados e janelas de alumínio.

Para se ter uma idéia completa do consumo de energia, para diferentes sistemas construtivos de edifícios habitacionais, segundo as suas diferentes partes, a tabela acima, publicada por UNCHS (1991, p. 81), com base nos estudos de Gartner (1976) fornece alguns dados. Os quatro tipos de construção analisados são:

a) Habitação de dois pavimentos com alvenaria externa auto-portante de tijolos ou blocos de concreto, telhado com estrutura de madeira e pavimento superior em madeira.
b) Habitação de dois pavimentos igual a anterior, acrescida de painéis externos com isolantes leves.
c) Habitação de cinco pavimentos auto-portante, com blocos de concreto ou tijolos, lajes de concreto armado e telhado com estrutura em madeira.
d) Edifício de média a elevada altura (8 ou mais pavimentos), com alvenaria auto-portante, e lajes (piso e teto) em concreto armado.

As conclusões destes estudos são evidentes: ocorre um aumento na energia embutida conforme a altura dos edifícios e o grau de industrialização dos componentes utilizados.

X . c. ESTUDOS NO BRASIL

Um estudo realizado por Romero e Barreto (1995), entre 1991 e 1994, avaliou o consumo de energia para a construção de 6 edifícios, a maioria destes situados na cidade de São Paulo[1]. O estudo também avaliou o consumo de energia de cerca de 30 materiais de construção, nas fases de extração, produção e transporte. Os dados principais resultantes são apresentados nas tabelas a seguir.

Romero quantificou o consumo parcial para cada forma de energia empregada na construção destes edifícios, que são a energia elétrica utilizada para os equipamentos e o calor metabólico dissipado pelos trabalhadores. O autor explica que "na produção de edificações no nosso país predomina o emprego extensivo de mão-de-obra na execução das diversas atividades do processo construtivo", e ainda salienta que a energia dissipada

Obra	Localização	Uso/No. Pav.	Área m^2
1- Centro Empr. Vergueiro	São Paulo, SP	Comercial/13	9.688,50
2- Ed. Helena Maria	São Paulo, SP	Comercial/10	2.000,00
3- Ed. Hyde Park	São Paulo, SP	Não indicado/8	2.370,03
4- Ed. Solimões	São Paulo, SP	Residencial/16	7.968,00
5- Não identificado[1]	Porto Alegre, RS	Comercial/5	1.022,33
6- Condomínio Tapajós	São Paulo, SP	Residencial/11	7.262,00

Tabela X.6 – Caracterização das obras analisadas

Fonte: ROMERO, 1995.

Obra	Área (m^2)	Energia metabólica ($kWh/m^2mês$)	Energia de construção ($kWh/m^2mês$)	Energia total ($kWh/m^2mês$)
1- Centro Empr. Vergueiro	9.688,50	0,36	0,46	0,82
2- Ed. Helena Maria	2.000,00	0,51	0,52	1,03
3- Ed. Hyde Park	2.370,03	0,33	0,22	0,55
4- Ed. Solimões	7.968,00	0,27	0,45	0,72
5- Não identificado	1.022,33	1,55	13,12	14,67
6- Condomínio Tapajós	7.262,00	0,28	0,28	0,56

Tabela X.7 – Consumo de energia metabólica e de construção

Fonte: ROMERO, 1995.

Obra	Consumo (KWh/m^2)
3- Ed. Hyde Park	16,60
1- Centro Empr. Vergueiro	25,72
6- Condomínio Tapajós	27,60
2- Ed. Helena Maria	33,10
4- Ed. Solimões	37,60
5- Não identificado[1]	176,60

Tabela X.8 – Consumo total: construção e metabólica

Fonte: ROMERO, 1995.

[1] O edifício nº 5 situa-se em Porto Alegre, R.S., à rua Pinto Bandeira 475, o seu nome não foi identificado.

Material	Consumo (kWh/kg)
Concreto	0,04
Granito (fachada)	0,18
Granito (piso)	0,21
Porta/janela (madeira)	0,33
Isolador cerâmico	0,47
Pó de gesso	0,50
Fibrocimento	1,11
Cimento	1,11
Tijolo e telha (cerâmica)	1,49
Ladrilho cerâmico	1,52
Placa isolante (Styrofoam)	2,00
Vidro comum e laminado	2,10
Ladrilho esmaltado	2,36
Louça sanitária	2,66
Cerâmica refratária	2,81
Vidro temperado	3,00
Aço (redução direta)	3,34
Manta asfáltica (rend. 85%)	4,30
Pastilha revestimento	4,65
Manta asfáltica (rend. 100%)	5,26
Aço (carvão vegetal)	6,60
Louça de mesa	8,00
Tubos e conexões PVC	9,80
Aço (processo integrado)	17,15
Alumínio	18,98
Azulejo	22,56
Chapa madeira prensada	60,00
Chapa madeira compensada	113,80

Tabela X.9 – Classificação dos materiais por consumo de energia

Fonte: ROMERO, 1995.

metabolicamente pela mão-de-obra é equivalente à energia utilizada pelos equipamentos elétricos, ambas necessárias para erguer estes edifícios. A exceção da obra de número 5, situada em Porto Alegre e que apresentou um consumo por m^2 extremamente elevado, a demanda de energia por m^2 fica entre 16,60 e 37,60 kWh/m^2.

Outro estudo conduzido por Lúcia e Juan Mascaró (1989) mostra a energia incorporada em diversos edifícios, segundo o número de pavimentos e uso, utilizando como base o lote de materiais empregados nos edifícios, segundo a Norma ABNT 140. O gráfico mostra que os maiores consumidores de energia são o aço e o cimento, utilizados na estrutura dos edifícios, e a madeira[2] empregada nas formas e escoramento desta estrutura. De modo que, se as seções das estruturas puderem ser diminuídas, seja pela utilização de materiais mais leves, ou pela redução no número de pavimentos, haverá um conseqüente decréscimo neste consumo. É importante salientar que a norma não considera a utilização de alumínio e por isso este não consta neste estudo.

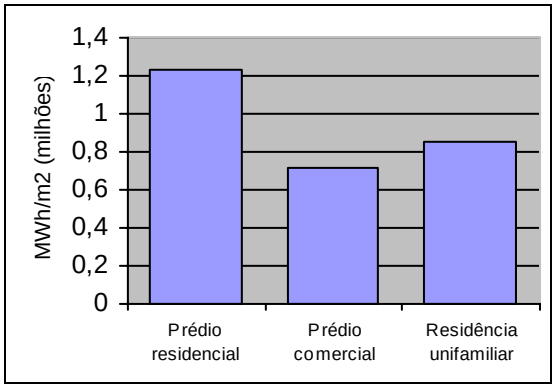


Gráfico X.1 - Influência da função dos edifícios na quantidade de energia embutida nos materiais de construção empregados

Fonte: MASCARÓ, 1989, p. 22.

Quanto à finalidade do edifício, Mascaró (1989) mostra que um edifício residencial consome 1,23 MWh/m^2, de energia embutida nos materiais, enquanto que uma residência unifamiliar consome 0,84 MWh/m^2 e um edifício comercial consome

[2] A madeira é avaliada segundo o seu poder calorífico.

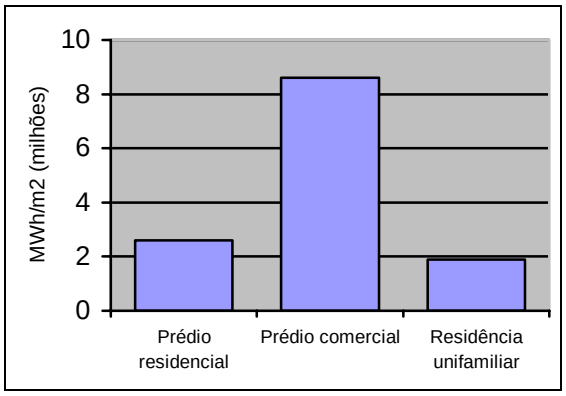


Gráfico X.2 - Energia necessária para utilização dos edifícios durante sua vida útil

Fonte: MASCARÓ, 1989, p. 22.

0,73 MWh/m^2. Estas diferenças se devem, entre outros fatores, ao número de sanitários por m^2 de edifício, ao número de compartimentações do pavimento, ao tipo de acabamento utilizado e às demandas estruturais, conforme o número de pavimentos.

O consumo provável de energia para utilização do edifício durante a sua vida útil, segundo a sua finalidade, é mostrado pelo gráfico anterior, onde se nota a disparidade entre os edifícios comerciais e os residenciais, ainda que para estes tenha-se assumido o uso de sistemas de ar condicionado e para o edifício comercial consideraram-se fachadas com 40% de aberturas e altura moderada.

Sobrepondo os dois gráficos apresentados anteriormente, a energia embutida nos materiais e a energia necessária para a utilização dos edifícios, vê-se que o consumo na vida útil dos edifícios comerciais é alarmante.

Analisando a energia embutida nos edifícios segundo a porcentagem de abertura de suas

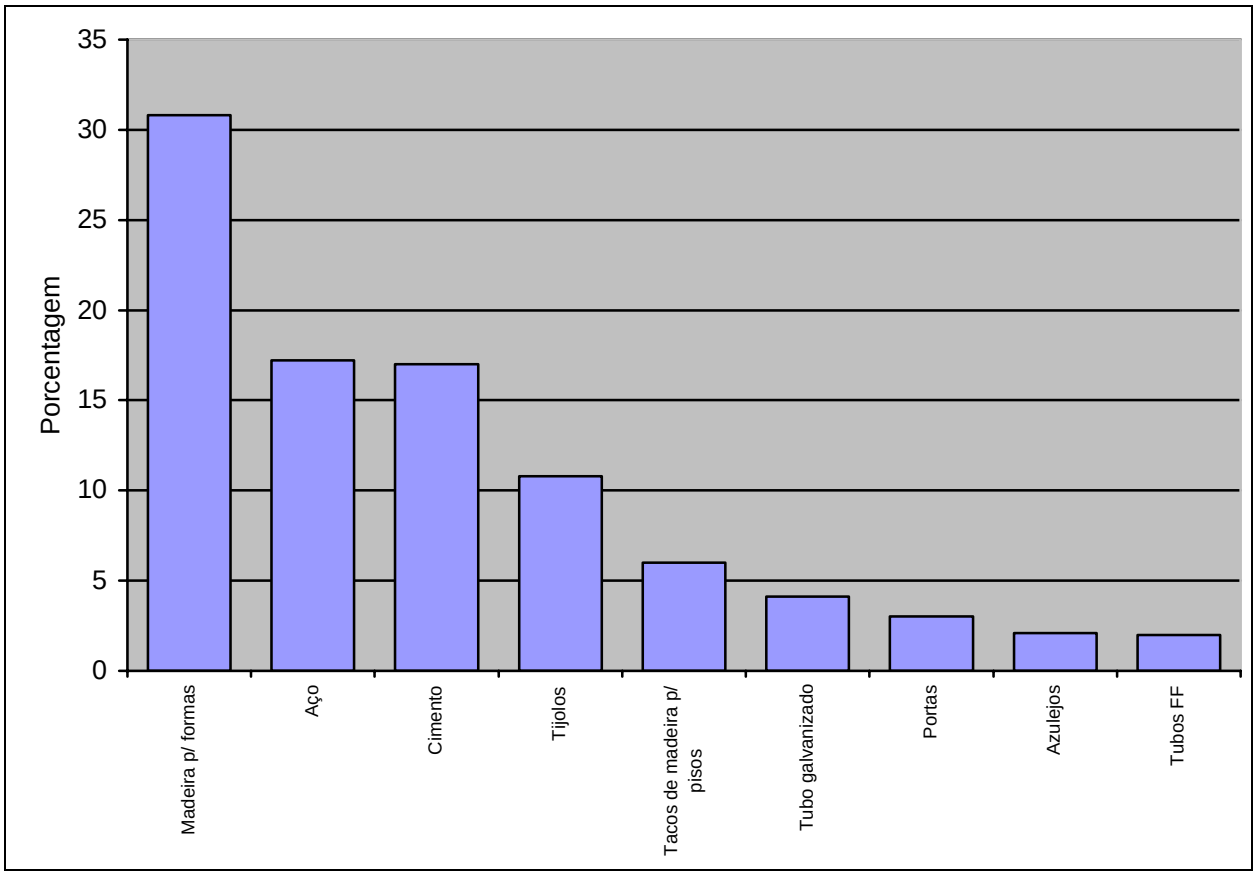


Gráfico X.3 - Energia consumida na fabricação dos materiais de um edifício padrão.

Fonte: MASCARÓ, 1989, p. 20.

fachadas, vê-se que esta diminui com o aumento das janelas, devido à sua pequena espessura que é menor que as paredes de tijolos.

Entretanto se há um pequeno decréscimo do consumo de energia na produção da fachada a medida que aumenta o tamanho da janela, verifica-se um aumento enorme do consumo de energia durante a vida útil do edifício devido à quantidade crescente de calor que passa através da janela e que é necessário retirar por meio de climatização artificial do edifício. (MASCARÓ, 1989, p. 17.)

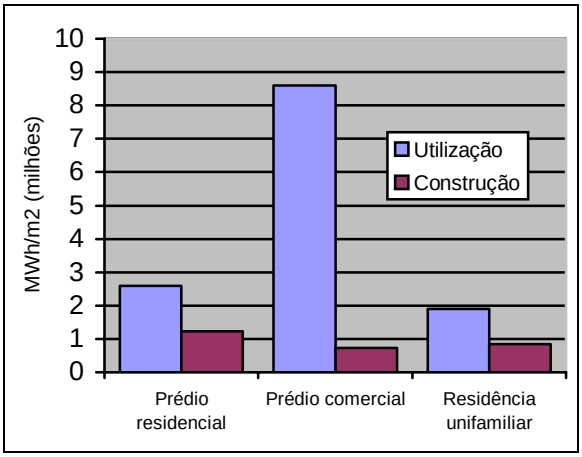


Gráfico X.4 – Comparação entre o consumo de energia necessário para a utilização dos edifícios durante sua vida útil e o necessário para sua construção

Fonte: MASCARÓ, 1989, p. 23.

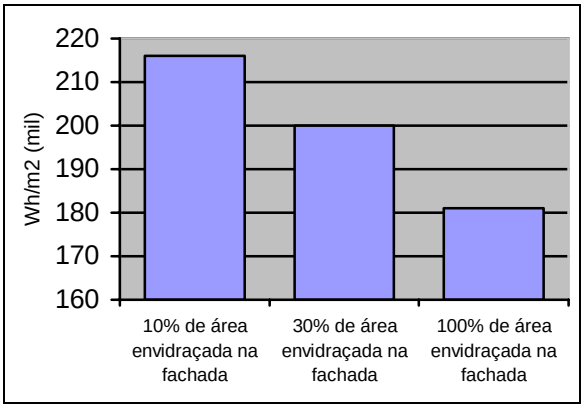


Gráfico X.5 – Energia incorporada no conjunto dos materiais que compõem as fachadas

Fonte: MASCARÓ, 1989, p. 24.

Novamente, sobrepondo estes dois últimos gráficos, tem-se uma medida da energia embutida nas fachadas de edifícios comerciais, segundo a área de envidraçamento, e a energia necessária na sua vida útil, assumida para os estudos de Mascaró (1989), em 20 anos. A análise supõe edifícios de escritórios localizados na cidade de São Paulo, nos quais se trabalha 8 horas por dia, 22 dias ao mês. A fachada sendo composta de tijolos furados de 12 cm de espessura, rebocada em ambas as faces e pintadas em cor clara; caixilharia de alumínio, vidro de 4 mm de espessura para fachadas com até 30% de envidraçamento e 5 mm para fachadas com

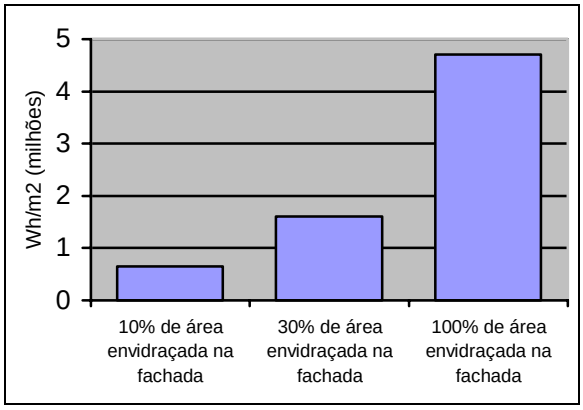


Gráfico X.6 – Energia consumida na utilização dos edifícios em função da composição da fachada

Fonte: MASCARÓ, 1989, P. 24.

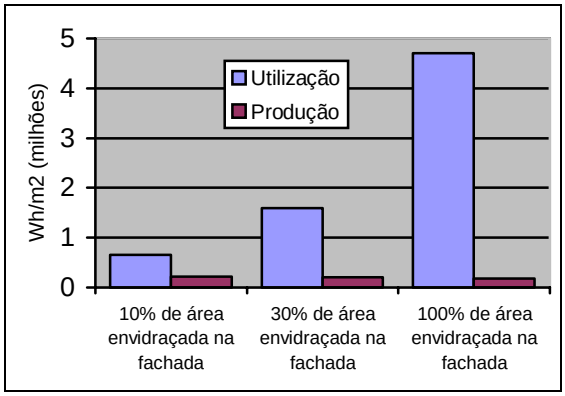


Gráfico X.7 – Comparação entre o consumo de energia necessário para a utilização e a construção em função da composição da fachada

Fonte: MASCARÓ, 1989, P. 25.

80 a 100% de envidraçamento.

Por fim, o estudo mostra a variação do consumo de energia embutido nos materiais e na utilização do edifício, segundo vários modelos de vedação externa. Vê-se que os modelos com melhor desempenho energético são os blocos de concreto e os tijolos furados, e melhor ainda os painéis de madeira com isolamento interno.

Juan Mascaró realizou um estudo em 1981, para o SECOVI - Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis de São Paulo, no qual é avaliado o consumo de energia nos materiais de construção e na produção de edifícios. A tabela a seguir demonstra o consumo de energia necessário para a fabricação dos principais materiais utilizados na construção.

Como se vê, quanto maior o processamento dos materiais, utilizando-se das chamadas etapas "quentes", maior o consumo de energia.

Mascaró (1981, p. 25) estima que aproximadamente "1% da energia consumida a nível nacional [brasileiro] é atribuída ao setor da construção de edifícios", o que engloba a energia utilizada na fabricação dos materiais, transporte e construção dos edifícios. Por outro lado, o autor ainda informa que "a participação do setor da edificação na formação do produto interno bruto (PIB), está na faixa de 5%".

Entretanto, a nível mundial o panorama é bem diferente, segundo colocado por UNCHS (1991, p.7):

Although smaller than household energy use, energy consumed in

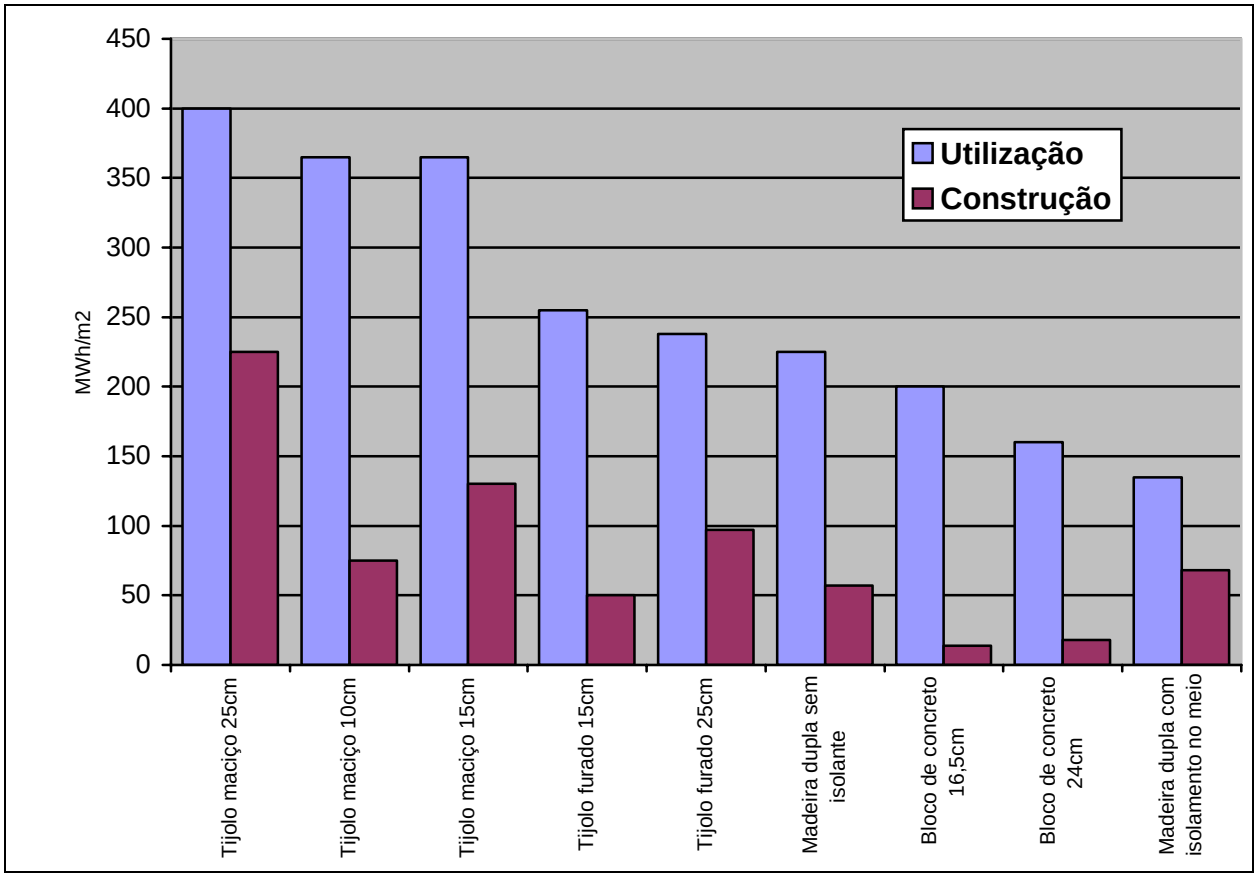


Gráfico 8 – Energia consumida na utilização e construção dos edifícios em função da composição de suas paredes exteriores (sem janelas)

Fonte: MASCARÓ. 1989. P. 26.

building-materials production is by no means insignificant in national and global energy budgets: the materials industries, of which building materials comprise a large proportion, are, in general, energy-intensive, and have been shown to account for over 20 per cent of world fuel consumption. (CHAPMAN, 1975.)

Material de Construção	Consumo de Energia para Fabricação (Kcal/cm^3)
Bloco de concreto	0,2
Tijolos	0,3
Concreto sem armadura	0,5
Concreto armado	0,9
Madeira[1]	1,4
Cimento amianto	3,0
Poliuretano expandido[1]	11
Aço	80
Alumínio	160

Tabela X.10 – Consumo de energia na fabricação de alguns materiais de construção

Fonte: MASCARÓ, 1981, p. 14

X . d. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIGGS, W. *A Full Repairing Lease*. In: HAPPOLD, Buro. Patterns. /s.l./s.n./, 1990, p. 31. (Citado por: UNCHS - United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). Energy for Building. Nairobi, UNCHS, 1991, p. 61.)

CHAPMAN, P. F. *The Energy Costs of Materials*. Energy Policy, vol. 2. /s.l./s.n./, 1974. (Citado por: UNCHS - United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). Energy for Building. Nairobi, UNCHS, 1991.)

CHAPMAN, P. F.; ROBERTS, F. Metal Resources and Energy. London, Butterworths, 1983. (Citado por: UNCHS - United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). Energy for Building. Nairobi, UNCHS, 1991.)

GARTNER, E. M.; SMITH, M. A. Energy Costs of House Construction. Garston, Building Research Institute, 1976. (Citado por: UNCHS - United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). Energy for Building. Nairobi, UNCHS, 1991, p. 81)

HASELTINE, B. A. *Comparison of Energy Requirements for Building Materials and Structures*. The Structural Engineer, vol. 153, no. 9. /s.l./s.n./, 1975, p. 357-365. (Citado por: UNCHS - United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). Energy for Building. Nairobi, UNCHS, 1991, p. 70)

LIMA, Luiz Carlos Alves; DAVID, Ricardo da Silva. Eficiência Energética em Edifícios Públicos, Experiência na Bahia. Salvador, /s.n./, 1996.

MASCARÓ, Juan Luís. Consumo de Energia e Construção de Edifícios. São Paulo, SECOVI, 1981.

MASCARÓ, Juan Luís. *O Consumo de Energia nos Edifícios*. In: Seminário de Arquitetura Bioclimática. Rio de Janeiro, 1983.

MASCARÓ, Lúcia; MASCARÓ, Juan. *Potencial de Conservação de Energia nas Edificações*. In: Simpósio Nacional de Conservação de Energia nas Edificações. São Paulo, Escola Politécnica da USP, junho de 1989. Anais. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1989.

RAI, M. Energy Consumption and Energy Efficient Technologies in the Production of Building Materials. Nairobi, UNCHS, 1989. [rascunho] (Citado por: UNCHS - United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). Energy for Building. Nairobi, UNCHS, 1991, p. 68)

ROMERO, Marcelo de Andrade, BARRETO, Douglas. *Consumo de Energia Embutido nos Materiais e na Produção de Edifícios*. In: ENTAC 95. Anais. Rio de Janeiro, nov. 1995.

STEIN, Richard G.; SERBER, Diane. *Energy Required for Building Construction*. In: WATSON, Donald (edit.) Energy Conservation Through Building Design. McGraw Hill, 1979.

STEIN, Richard G; STEIN, C.; BUCKLEY, M.; and GREEN, M. Handbook of Energy Use for Building Construction. Washington D. C., United States Department of Energy, 1981. (Citado por: UNCHS - United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). Energy for Building. Nairobi, UNCHS, 1991, p. 62)

UNCHS - United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). Energy for Building. Nairobi, UNCHS, 1991.

XI CONFORTO AMBIENTAL E ENERGIA

XI . a. INTRODUÇÃO

O conforto ambiental de um edifício compreende diversos aspectos do projeto que podem ser traduzidos em: conforto térmico, conforto aeróbico, conforto acústico, conforto visual (ou lumínico) e conforto ergonômico.

O conforto térmico refere-se à temperatura ideal para cada tipo de ambiente, considerando a presença de indivíduos, a atividade que desempenham, bem como a presença de equipamentos ou produtos sensíveis (computadores, obras de arte, alimentos etc.). O conforto térmico é determinado pelas condições locais (clima, topografia e ventos), bem como pelas características arquitetônicas do edifício e dos materiais utilizados.

O conforto aeróbico refere-se à qualidade do ar respirado pelos indivíduos de um determinado ambiente construído, e necessário às atividades nele desenvolvidas (CPDs, bibliotecas, centros cirúrgicos, etc.). A qualidade do ar é função do teor de oxigênio, teor de umidade e teor de poluentes químicos ou orgânicos. O conforto aeróbico é também determinado pelas características locais bem como pelos mecanismos de ventilação, renovação e adequabilidade (purificação, umidificação, etc.) do ar, quer sejam naturais ou artificiais.

O conforto acústico diz respeito à inteligibilidade dos sons e ao distúrbio causado pelos mesmos aos indivíduos. Ou seja, um ambiente deve permitir a compreensão dos sons para a comunicação, sem que a somatória dos ruídos internos e externos interfiram na sua definição, prejudicando o discernimento, e a execução de tarefas. Os seus determinantes são as freqüências e intensidades dos sons, distância e posição relativa das fontes sonoras e a forma de transmissão do ruído (aérea, ou por vibração de materiais), e as características dos materiais empregados na edificação.

O conforto visual é definido pela clareza e inteligibilidade de toda informação visual (cor, forma, escrita, etc.) e pelo efeito estético e psicológico transmitido ao indivíduo por essa visualidade, segundo a atividade a ser desenvolvida. O conforto visual depende principalmente da iluminação, quer seja natural ou artificial, e dos elementos e características do edifício e do seu entorno, capazes de influenciar o nível e aspecto dessa iluminação.

Por fim, o conforto ergonômico é definido pela facilidade com que as atividades são desenvolvidas num determinado ambiente, segundo as possibilidades de movimentação, conformação e posicionamento confortável e correto do corpo humano. As suas determinantes são principalmente o espaço de contenção (sala, sanitário, etc.) e o volume contido (maçaneta, cadeira, etc.).

Como se vê, toda forma de conforto, supõe a interação do homem com o seu meio exterior próximo e circundante, de modo a favorecer o seu bem estar e o desenvolvimento de suas atividades com facilidade. Muitos aspectos se sobrepõe e interferem em outras formas de conforto; por exemplo, conforto acústico e térmico estão intimamente ligados às características dos materiais utilizados no edifício, e o conforto visual influencia diretamente o conforto ergonômico, por permitir a percepção do espaço visual e físico.

Os fechamentos externos de edifícios atuam principalmente sobre o conforto térmico, acústico e

visual dos espaços internos, e portanto são abordados nos próximos itens. Apesar do conforto aeróbico também ser função dos fechamentos externos, este não será estudado pois depende do número e tamanho das aberturas, bem como do espaço interno em questão.

XI . b. CONTROLE TÉRMICO

Segundo L. Mascaró (1991, p. 17), a taxa de ganhos ou perdas de calor do edifício depende de um conjunto de fatores, como:

- ◊ as características do entorno natural e construído;
- ◊ a radiação solar e térmica do lugar;
- ◊ a ação do vento sobre as superfícies;
- ◊ a diferença de temperatura interior e exterior;
- ◊ as características do material e da cor das superfícies do envoltório do edifício;
- ◊ as características isolantes térmicas dos materiais da envoltória;
- ◊ o desenho e proteção das aberturas para iluminação e ventilação; e
- ◊ da localização dos equipamentos de climatização artificial e principais aparelhos eletro-eletrônicos.

> Da correta resolução deste conjunto de fatores dependem não só a concretização das condições mínimas de habitabilidade, mas também a otimização dos consumos de energia na edificação. (MASCARÓ, 1991, p. 17)

O calor é transmitido de três maneiras diferentes: por condução, convecção e radiação. Quando a transmissão ocorre porque há contato entre as moléculas ou partículas dos corpos, é chamada de condução. A transmissão por convecção ocorre quando os corpos estão em contato e um deles é um fluído, de modo que este se movimenta por

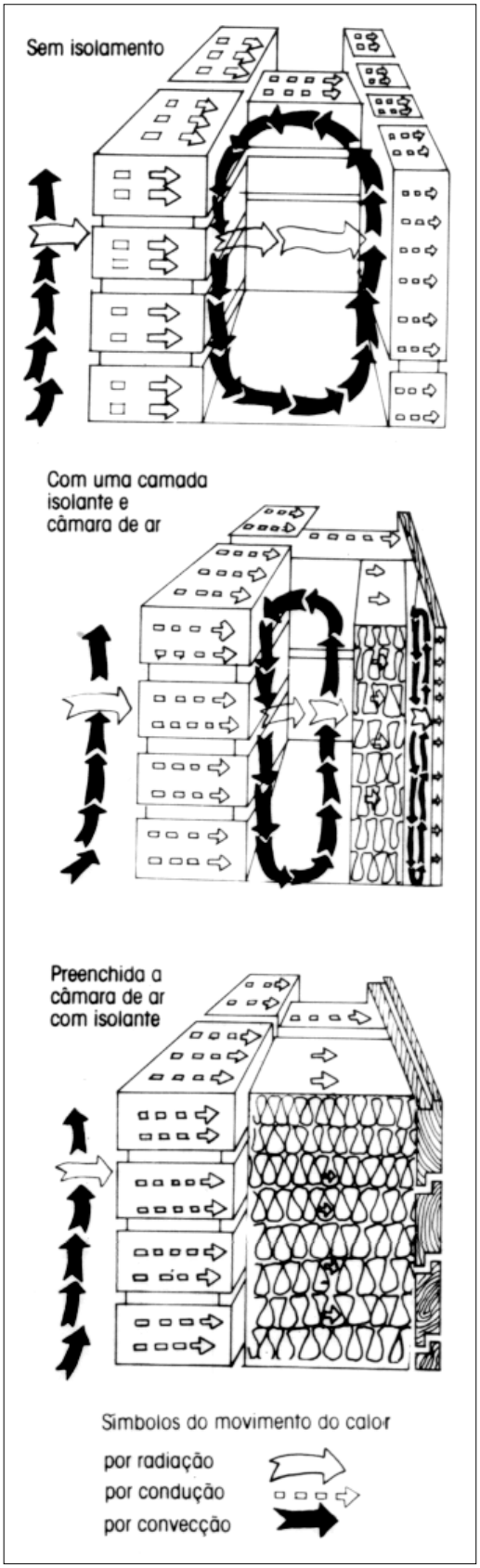

Sem isolamento
Com uma camada isolante e câmara de ar
Preenchida a câmara de ar com isolante
Símbolos do movimento do calor
por radiação
por condução
por convecção

Figura XI.1 – Formas de transmissão de calor e isolamento térmico.

Fonte: A.A.E.

diferença de pressão ascendente ou descendentemente. A transmissão de calor por radiação ocorre sem movimentação de matéria, mas por ondas, da mesma forma que o calor do Sol chega até a Terra, percorrendo o vácuo.

Quando uma envoltória nos protege das temperaturas externas, há dois processos distintos se desenvolvendo. Por um lado, o material funciona mais, ou menos, dependendo de suas características, como isolante térmico, resistindo à passagem de calor e aumentando o tempo de transferência de temperatura. Por outro, funciona mais, ou menos, como armazenador de calor, um reservatório que libera esse calor com certo atraso, retardando os efeitos da temperatura externa no ambiente interno. Como bons materiais isolantes, podemos citar o ar, o isopor, a lã de vidro, lã de rocha e diversos plásticos. Rochas e água são bons armazenadores de calor, indicados para locais onde a amplitude térmica diária é grande.

Alguns princípios da arquitetura bioclimática, citados pela A.A.E. (/s.d./, p.15.) são descritos a seguir.

A inércia térmica de construções que utilizam envolventes pesadas, de massa considerável (terra, rochas, alvenaria), permite "amortecer as variações diárias de temperatura" (A.A.E., /s.d./, p.15.), em zonas de climas com grandes amplitudes térmicas diárias, atrasando a entrada ou saída do calor. Paredes leves, porém revestidas internamente com peles e tapeçarias, deixando uma camada de ar intermediário, permitem o isolamento por resistência, diminuindo as perdas térmicas, como é o caso dos iglus no Polo Norte. Câmaras de ar estanque, resistem à transmissão de calor por condução, se tiverem espessura inferior a 2cm funcionam como isolantes convectivos, pois não permitem a produção de correntes de ar de convecção em seu interior.

A correta proporção de cheios e vazios na fachada dos edifícios permite, em todos os casos, controlar a incidência solar e o fluxo do ar nos espaços. O sombreamento sobre o envolvente, de modo a impedir o aquecimento das superfícies exteriores, diminui a transferência de calor para o interior. Em regiões quentes e secas utiliza-se o recurso da evaporação, que consiste em fazer passar o ar por áreas úmidas, transferindo o calor para a água e evaporando-a, e, portanto, resfriando o ar.

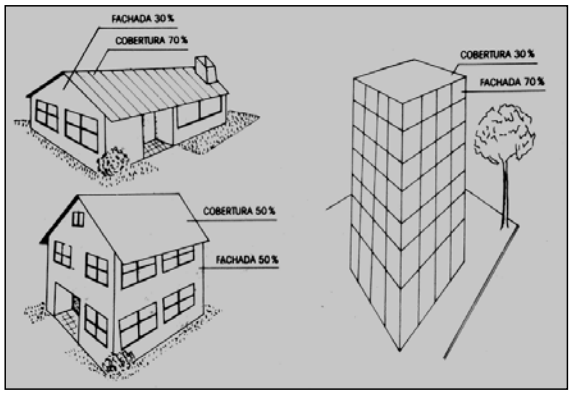


Figura XI.2 – Ganhos térmicos de uma casa térrea, de um sobrado e de um edifício.

Fonte: A.A.E.

Por fim, a forma e a localização do edifício possibilitam o aproveitamento correto dos agentes climáticos no seu interior. Por exemplo, em construções térreas, 70% do calor incide sobre a cobertura e 30% nas fachadas. Já em sobrados, 50% incide na cobertura e igual fração nas fachadas. Em edifícios com mais de 7 pavimentos, 70% atinge as fachadas e 30% a cobertura. Ainda, a A.A.E. (/s.d./, p.17) ressalta:

> Para se ter uma idéia da magnitude do problema, basta lembrar que sobre o plano vertical chegam entre 600 e 1000 W/m^{2}h, segundo o clima e a época do ano; sobre os planos verticais orientados leste-oeste esse valor varia entre 400 e 800 W/m^{2}h. Se as coberturas ou fachadas estão

> mal isoladas, boa parte desse calor entrará no edifício, provocando desconforto ou grandes consumos de energia; se o envolvente edificativo estiver corretamente isolado, passará apenas 5% do calor que chega e, isto é importante do ponto de vista do conforto, da economia e da energia.

Os materiais tem um comportamento seletivo, dependendo da radiação que recebem. Ou seja, "a quantidade de energia que "absorvem", "refletem" e "transmitem" é diferente para cada comprimento de onda" (A.A.E., /s.d./, p.8). A cor branca é muito refletora para as ondas visíveis e curtas, mas absorve muito as radiações de ondas longas, por exemplo.

Valores entre 0,30 e 0,85 correspondem a materiais combinados por ambos os grupos, como por exemplo, as pinturas.

Cor do material	**Coeficiente de Absorção da Radiação Solar (α)**
Branca	0,2 – 0,3
Amarela, laranja, vermelha clara	0,3 – 0,5
Vermelha escura, verde clara, azul clara	0,5 – 0,7
Marrom clara, verde escura, azul escura	0,7 – 0,9
Marrom escura, preta	0,9 – 1,0

Tabela XI.1 – Valores de α específico para pintura

Fonte: CROISET, M. (Citado por: A.A.E., p. 9)

Superfície	**Absorção da Radiação Solar (α)**	**(α) e (ε) para temperatura entre 10 e 40°C**
Preto fosco	0,85 – 0,95	0,90 – 0,98
Tijolo ou pedra ou telha cor vermelha	0,65 – 0,80	0,85 – 0,95
Tijolo ou pedra cor amarela, couro	0,50 – 0,70	0,85 – 0,95
Tijolo ou pedra ou telha cor amarela	0,30 – 0,50	0,40 – 0,60
Vidro da janela	Transparente	0,90 – 0,95
Alumínio, ouro, bronze (brilhantes)	0,30 – 0,50	0,40 – 0,60
Latão, alumínio fosco, aço, galvanizado	0,40 – 0,65	0,20 – 0,30
Latão, cobre (polidos)	0,30 – 0,50	0,02 – 0,05
Alumínio, cromo (polidos)	0,10 – 0,40	0,02 – 0,04

Tabela XI.2 - Valores de Coeficiente de Absorção (α) e Emissividade (ε)

Fonte: KOENIGSBERGER (Citado por: A.A.E., p. 9)

Uma forma de medir a quantidade de energia que um corpo emite é em W/m^2. Nos materiais de construção há 2 grupos segundo a emissividade:

- ◊ Metálicos: sua emissividade está entre 0 e 0,30, quanto mais polida a superfície menor o valor;
- ◊ Não Metálicos: sua emissividade varia entre 0,85 e 1,00.

Considerando o Sol como fonte de radiação, o coeficiente de absorção depende da cor do material, sendo baixo para os materiais claros e alto para os escuros. Por outro lado, sendo que a temperatura da radiação solar que chega até nós é baixa, as superfícies metálicas mostram-se pouco absorventes, enquanto que as não metálicas possuem um coeficiente de absorção maior.

Material	Densidade kg/m^3	Condutibilidade Térmica kcal/mh^{o}C
CONCRETOS		
De pedregulho	1950-2050	1.10
De pedregulho visto	2150-2250	1.42
De cascalho	1700-1800	0.70
Celulares	450-550	0.12
ARGAMASSA		
De cal ou de cimento	1650-1750	0.64
De cal ou de cimento	1850-1950	0.80
Acabamento de gesso	1150-1250	0.60
CERÂMICOS		
Tijolo maciço (artesanal)	1250-1350	0.52*
Tijolo maciço prensado (industrial)	1550-1650	0.54*

(*) Estes valores incluem a argamassa de união.

Tabela XI.3 – Condutibilidade térmica dos materiais de construção

Fonte: RIVERO, Roberto. FAUUSP. (Citado por: MASCARÓ, L. , 1991, p. 152 –154)

A Condutividade Térmica (W/m ^{o}C) de um material é uma característica importante, pois denota a quantidade de calor transmitido através de um corpo homogêneo, por unidade de espessura, unidade de área e unidade de tempo, tendo-se uma diferença de temperatura entre as faces de 1^{o}C, e admitindo-se um regime estacionário. (A.A.E., /s.d./, p.10.) O Coeficiente Global de Transmissão Térmica (k) é definido como a condutividade térmica (λ) dividida pela espessura do elemento (e). Sua unidade é portanto, W/m^2 ^{o}C. O inverso de **k** (coeficiente global de transmissão térmica) é definido como a Resistência Térmica Global, denominada **R**. Este valor é muito representativo pois servirá para indicar qual espessura o componente de construção ou isolante térmico deve possuir para não permitir a passagem de uma certa quantidade de calor. Dados citados pela A.A.E. (/s.d./, p.10.) mostram que o poliestireno extrudado, que é muito resistente à passagem do calor, equivale em termos de desempenho térmico, ao concreto com espessura 49 vezes maior.

Para um material composto, formado por diversas camadas de materiais diferentes, pode-se dizer que a resistência total deste elemento é igual à somatória de cada uma de suas camadas. Portanto, $R_T = R_1 + R_2 \ldots R_n$ (m^2 ^{o}C / W).

A tabela a seguir fornece alguns valores para a Condutibilidade Térmica de alguns materiais de construção. A tabela completa encontra-se no anexo 4.

XI . c. CONTROLE ACÚSTICO

Semelhantemente à questão térmica, as ondas sonoras que atingem um determinado material são em parte refletidas, em parte absorvidas e parte transmitidas. Os materiais podem isolar os ruídos, impedindo que sejam transmitidos (e isto sugere alguns termos como inércia, densidade e espessura) ou absorvê-los. De modo geral, os materiais absorventes são leves e porosos.

Material	125 Hz	500 Hz	2000 Hz
Concrete, stone	0.02	0.02	0.04
Plaster on solid wall	0.02	0.03	0.04
Brickwork	0.05	0.02	0.05
Wood-block, plastic floor	0.02	0.05	0.1
Plaster on plasterboard battened out from wall	0.25	0.1	0.04
T & G timber on solid wall	0.3	0.1	0.1
Heavy curtains	0.1	0.4	0.5
Polyurethane "acoustic" tiles on solid backing	0.15	0.8	0.8

Tabela XI.4 – Coeficiente de absorção acústica dos principais materiais de construção por m^2.

Fonte: REID, Esmond. 1984, p. 164.

O coeficiente de absorção acústica de um material é dado pela relação entre a sua absorção e a de um material ideal, totalmente absorvente. Portanto, o coeficiente de absorção acústica varia entre 0 e 1, quanto maior o valor, melhor o seu desempenho acústico. Entretanto, aqui novamente os materiais tem um comportamento seletivo, variando conforme a freqüência a que são submetidos. Vale lembrar que a audição humana distingue sons entre 20 Hz e 20.000 Hz, sendo que os sons mais graves correspondem às baixas freqüências e os agudos às freqüências altas.

Para quantificar a sensação sonora, dando valores a um aspecto subjetivo da física, foi criada a escala decibel (dB) que mede a intensidade sonora. Entretanto, a sensação sonora varia com a freqüência, de modo que sons mais agudos são percebidos com mais facilidade, parecendo mais "altos". Foi então criada uma outra escala que leva em consideração esta variável, e que utiliza como unidade de medida o dB(A).

O coeficiente de transmissão sonora, tem por unidade o dB, e indica a atenuação sonora que um determinado material provoca, ou seja, é o coeficiente de isolamento acústico, a quantidade de som que é barrado. A tabela a seguir mostra o coeficiente de transmissão sonora para alguns materiais de construção, submetidos a freqüências entre 100 e 3.000Hz, sendo o som transmitido pelo ar a partir da fonte sonora, até incidir no material.

Pela tabela, nota-se que uma alvenaria de 10 cm rebocada retém 45 dB. Se a sua espessura for duplicada, esta passa a reter 50 dB. Isto pode ser empregado como regra geral: dobrando a espessura de um material homogêneo, ocorre um acréscimo de 5dB no isolamento.

Entretanto, se fosse necessário atenuar 55dB (uma rua movimentada), seria necessária uma alvenaria de absurdos 46cm de espessura. Uma alternativa mais inteligente é criar uma descontinuidade no material com, por exemplo, um colchão de ar, aumentando sua eficiência. Então, se a sua espessura for dobrada (2 paredes de 10 cm), além de uma camada de ar no seu interior, o acréscimo sobe para 10 dB, totalizando os 55dB desejados.

Type of construction	dB
Single-glazed window, 6mm glass	26
Double-glazed window, 4 and 6mm glass with 100mm separation, absorptive reveal	34
Lightweight partition – 100x50mm timber studs, plasterboard and plaster both sides	35
50mm wood-wool slab partition, plastered both sides	35
75mm blockwork, plastered both sides	41
100mm brick wall, plastered both sides	45
200mm brick wall, plastered both sides	50
175mm dense concrete	50
Cavity brick wall with 100mm leaves, inner leaf plastered, wire ties	54

Tabela XI.5 – Coeficiente de transmissão acústica dos principais materiais de construção. Valores médios para frequências entre 100 e 3000Hz.

Fonte: REID, Esmond. 1984, p. 172.

Porém, o comportamento dos materiais, como já foi dito, não é linear. O isolamento é pequeno para as baixas freqüências, mas sofre melhoras nas

medias e altas freqüências. Isto explica porque o ruído de trafego urbano e os graves do aparelho de som vizinho são tão resistentes e difíceis de ser eliminados, enquanto que é mais fácil combater a transmissão de freqüências mais altas ou conversas vizinhas.

Numa fachada, de modo geral, as partes que requerem maiores cuidados térmicos e acústicos são os vidros e caixilhos pois são mais vulneráveis e melhores condutores que a alvenaria e o concreto, que são melhores isolantes.

Da mesma forma que para a radiação solar, os vidros se comportam de forma seletiva frente às diferentes freqüências sonoras. Por isso, é preciso estudar caso a caso as fachadas, e as fontes sonoras que as influenciam. De modo geral, o ruído do tráfego urbano tem características de baixa freqüência, e nível sonoro da ordem de 80 a 100dB, sendo mais indicado o uso de vidros laminados ou duplos. O envidraçamento duplo apresenta problemas de ressonância a baixas freqüências (efeito interno de massa/mola/massa), mas é mais eficiente para altas freqüências como o som de aeronaves e apitos de fábricas. Já o vidro laminado tem um desempenho melhor tanto em altas como em baixas freqüências, sendo superior ao vidro comum. Para os sistemas de envidraçamento duplo é indicada uma camada de ar mínima de 10 a 15mm. Ainda, se a caixilharia for independente para cada folha o desempenho melhora consideravelmente. Mais ainda, é importante utilizar espessuras diferentes de envidraçamento para que suas freqüências de ressonância sejam diferentes, de modo a proteger o ambiente para todas as freqüências.

É evidente, porém, que qualquer janela poderá ser um bom isolante, enquanto permanecer fechada apenas. Isto, entretanto, interfere na qualidade do ar e na temperatura do ambiente, o que leva a criar formas de ventilação independentes e acusticamente protegidas, como dutos sinuosos e revestidos, para impedir a chegada de ruídos externos. Tarefa difícil em centros urbanos tão ruidosos e poluídos como São Paulo, o que leva a maioria dos projetos a optarem por sistemas mecânicos de ventilação e controle térmico.

Diferente do isolamento térmico, para o isolamento acústico não basta somar os coeficientes dos diferentes materiais de uma fachada, pois o som busca os "caminhos mais fáceis" de atravessar. Até mesmo uma fresta é capaz de minar todo cuidado de isolamento feito. Existem tabelas para cálculo que consideram diferentes materiais, por exemplo vidro e alvenaria, em determinadas proporções de áreas de superfície. Isto explica porque faz pouco sentido se ter uma parede otimizada, sem otimizar também as janelas e portas de um recinto. O anexo 5 apresenta os níveis de ruído indicados pela norma brasileira, para diferentes tipos de ambiente.

XI . d. VIDROS: CONTROLE LUMÍNICO E TÉRMICO

A radiação solar que encontra uma área envidraçada decompõem-se em três parcelas:

- ◊ Radiação transmitida diretamente para o interior do ambiente. A relação entre essa energia e a energia total incidente é expressa pelo fator de transmissão energética.
- ◊ Radiação refletida para o exterior. O fator de reflexão expressa a relação entre a energia refletida e a energia total incidente.
- ◊ Radiação absorvida pelo vidro, que será reenviada simultaneamente para o interior e exterior. Expressa pelo fator de absorção, que é a relação entre a energia absorvida e a incidente.

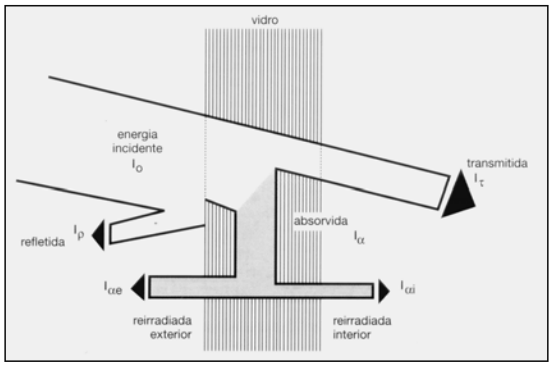


Figura XI.3 – Transmissão da radiação solar

Fonte: Finestra, nº. 10, Jul./Set. 1997, p. 114.

Conforme diversos catálogos de fabricantes de vidro, de modo geral, uma terceira parte da energia absorvida é reirradiada para o interior, enquanto 2/3 voltam para o exterior. Portanto, define-se o Fator Solar como o fator de transmissão, mais 1/3 do fator de absorção. Quanto maior o valor do Fator Solar, maior a quantidade de energia que entra num ambiente, através de um determinado envidraçamento, portanto quanto menor o F.S. maior a proteção. Valores entre 0,30 e 0,50 são considerados de proteção média, correspondendo os valores abaixo e acima desta faixa, a fatores solar fracos e fortes, respectivamente (verificar tabela). Para estes cálculos, assume-se que o Sol esteja a uma altura de 30º com o horizonte, num plano normal à fachada, sendo a velocidade do ar inferior a 2,50 m/s, o que significa ar calmo.

Produto	**Fator Solar (S)**
Float cinza	0,49
Antélio claro*	0,49
Float bronze	0,48
Float verde	0,47
Antélio bronze*	0,28

(*) O vidro Antélio é laminado e refletivo.

Tabela XI.6 – Classificação dos vidros Santa Marina em função do Fator Solar. Vidro de 6mm + vidro float incolor 6mm.

Fonte: Projeto, nº 149, p. 97.

A energia solar compreende diversos comprimentos de onda e é por isso dividida em faixas:

- ultravioleta - comprimento de onda de 290nm a 380nm;
- região do visível - ondas de 380 a 780nm; e
- infravermelho próximo - de 780 a 2.500nm.

Estes comprimentos de onda, atravessam a atmosfera, atingindo a superfície terrestre, nas seguintes proporções:

- ultravioleta - 1% a 5%;
- visível - 41% a 45%; e
- infravermelho - 52% a 60%.

A incidência da radiação solar não produz apenas efeitos visuais, mas causa efeitos biológicos e físicos diversos:

- ultravioleta: provoca desbotamento e descoloração de carpetes, roupas, quadros; favorece a produção de vitamina D através da pele; age como bactericida e é responsável pelo bronzeamento e pigmentação da pele.
- visível: associada à intensidade de luz branca transmitida, determinando o grau de iluminação de um espaço.
- infravermelho: interfere no conforto ambiental, através do ganho de calor, pois representa praticamente metade do espectro solar.

Nem sempre as informações nos catálogos técnicos, como exemplificado anteriormente, se referem as parcelas da radiação solar separadamente. Geralmente fornecem dados referentes à porcentagem total de energia transmitida, ou consideram apenas a região do visível. Estes dados podem levar especificadores a incorrer em erros graves, prejudicando o desempenho das edificações. Por isso, o Departamento de Arquitetura e Urbanismo da USP São Carlos, juntamente com a Faculdade de

Engenharia Civil da Unicamp, têm direcionado esforços para fazer uma completa caracterização espectrofotométrica dos vidros e divulgar esses dados, para que sejam aplicados na prática projetual. (*Especificação de Vidros Planos*, 1997, p. 114.)

A tabela a seguir apresenta alguns desses dados, comparando as transmissões totais e parciais de vários vidros encontrados no mercado nacional, considerando seus intervalos na região do ultravioleta, visível e infravermelho.

Observa-se por exemplo, que o vidro verde comum apresenta-se como uma excelente opção, quando a questão é evitar a entrada de calor nos ambientes, porém permitindo a passagem de luz branca, pois apresenta uma boa transmissão na região do visível, porém esta é baixa para o infravermelho.

O vidro laminado, independente de sua cor, é muito indicado para espaços onde não se deseja a presença de raios ultravioletas, por impedir a decoloração dos objetos, como por exemplo, em vitrines, museus, shoppings, e residências. Porém ele não favorece o controle energético, por permitir a entrada de grandes parcelas de infravermelhos, aumentando a temperatura do ambiente.

De modo geral, os vidros refletivos não possuem um bom índice de transmissão luminosa (visível), reduzindo os níveis de iluminação interna. Quanto ao controle de infravermelho, o que menos permite a sua passagem é o de tonalidade verde, atuando como "redutor de calor".

Float	**Espessura**	**Transmissão Relativa ao Intervalo Característico (%)**			**Transmissão Total da Amostra**
		Ultra-V	**Visível**	**Infra-V**	
Incolor	4mm	39	88	77	78
	6mm	38	86	70	72
Cinza	4mm	14	57	56	54
	6mm	12	46	43	42
Bronze	4mm	14	61	57	56
	6mm	11	49	54	52
Verde	4mm	18	71	43	48
	6mm	16	68	40	45
Refletivo Incolor	6mm	6	34	60	53
Refletivo Prata	6mm	18	54	63	60
Refletivo Cinza	6mm	11	43	72	63
Refletivo Bronze	6mm	5	28	45	40
Refletivo Verde	6mm	5	53	42	43
Laminado Incolor	6mm	2	85	63	65
Laminado Cinza	6mm	1	45	55	51
Laminado Bronze Claro	6mm	1	53	55	52
Laminado Bronze Escuro	6mm	1	31	42	38
Laminado Verde	6mm	2	81	65	66
Laminado Rosa	6mm	1	52	55	52
Laminado Azul	6mm	1	75	65	64

Tabela XI.7 – Transmissão da radiação nos intervalos do ultravioleta, visível e infravermelho.

Fonte: ASSIS, Rosana. 1996, p. 90.

O vidro incolor não permite a passagem da radiação infravermelha distante, aquela emitida pelas superfícies aquecidas. Devido a esta característica, se o ambiente envidraçado permanecer fechado, ocorrerá o armazenamento de calor internamente (efeito estufa). Ainda no caso do vidro incolor, ocorre um decréscimo de 15% da transmissão de radiação visível, quando este é utilizado como envidraçamento duplo, ao invés de simples.

A correta especificação dos vidros, entretanto, não pode ser generalizada, ficando condicionada a outros fatores como orientação geográfica, clima, utilização e tamanho dos vãos. Ainda, os vidros laminados e refletivos, que já possuem um comportamento seletivo da radiação solar, favorecendo as parcelas desejadas, não se adaptam às variações diárias e sazonais da iluminação e dos ganhos de calor de uma edificação.

"Janelas "inteligentes" poderão ajustar automaticamente sua translucidez, em resposta a mudanças de condições de luminosidade e de temperatura" (MAGALHÃES, 1994, p. 32). Trata-se de painéis termocrômicos, ou seja vidros que respondem às mudanças de temperatura, graças a uma solução aquosa de um polímero sensível ao calor, embutida entre duas lâminas de vidro. Entretanto, este sistema parece mais adequado a clarabóias e iluminação zenital em geral, pois controlam mais o calor que a claridade.

Outro desenvolvimento apontado por Magalhães (1194, p. 33) é o vidro eletrocrômico, que oferece maior controle tanto para as variações de temperatura quanto de iluminação e, portanto, mais indicado para fechamentos laterais.

Entretanto, estes são conceitos ainda não consolidados e que dificilmente farão parte de um futuro muito próximo no Brasil. De modo que, ainda são mais eficientes para o controle solar, os vários dispositivos de sombreamento e proteção da incidência solar direta, como os beirais, brises, marquises, recuos, venezianas, etc.

XI . e. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.A.E. - Agência para Aplicação de Energia. Uso Racional de Energia em Edificações - Isolamento Térmico. /s.n.t./.

ASSIS, Rosana Maria Caran de. Vidros e Conforto Ambiental: Indicativos para o Emprego na Construção Civil. São Carlos, 1996, Dissertação de mestrado, EESC-USP, 29-03-96.

Especificação de Vidros Planos. Finestra. São Paulo, Archimídia, nº. 10, Jul./Set. 1997, p. 114-115.

MAGALHÃES, Maria Amalia Amarante de Almeida. *As Fachadas de Vidro e a Iluminação Natural*, in: Sinopses nº. 21, FAUUSP, São Paulo, 1994, p. 29-40.

MASCARÓ, Lúcia R. Energia na Edificação. São Paulo, Projeto, 1991.

O Vidro na Arquitetura. Projeto, São Paulo, Arco Editorial, nº 149, jan./fev. 1992, p. 96-8.

REID, Esmond. Understanding Buildings. Cambridge, MIT Press, 1984.

XII EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS EM SÃO PAULO

XII . a. INSERÇÃO URBANA DOS EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS NA CIDADE DE SÃO PAULO

O escritório contemporâneo reflete as atuais transformações que ocorrem nas políticas de restruturação industrial, em escala mundial. A divisão do trabalho passa por novas modificações. Parte do setor terciário, que havia sido atraído para dentro do setor secundário, dando origem ao escritório moderno, hoje passa por transformações que o empurram novamente para fora do escritório, gerando a teceirização dos serviços. "Muitas das atividades que eram consideradas de suporte à atividade principal (administrativas e produtivas) passam do âmbito da economia interna para o da externa…" (AMARAL, 1995, item 4.6) Portanto, o escritório contemporâneo, concentra-se hoje em fazer aquilo que sabe fazer bem e que é sua atividade principal.

Em São Paulo, o espaço da avenida Paulista foi suplantado, nos anos 80, pela região da marginal do rio Pinheiros. Este vem a ser o terceiro pólo administrativo de São Paulo. O primeiro pólo administrativo foi o Centro, sustentado por uma política de agroexportação, considerando que o setor hegemônico deste sistema era o terciário estrangeiro. Com a política do nacional-desenvolvimento, voltado à abertura do mercado nacional às multinacionais, surge o segundo polo administrativo, a avenida Paulista, que teve seu ápice nos anos 70, com o regime militar. O terceiro pólo surge dos processos de restruturação industrial e administrativa atuais, necessária para a "acomodação da economia nacional aos acordos dos bolsões de mercado internacional, principalmente o Mercosul" (AMARAL, 1995, item 4.9).

Hoje, a região da marginal do rio Pinheiros, abriga um grande número de edifícios responsáveis pela administração das maiores empresas do mercado e que utilizam o conceito de escritório contemporâneo. Nesta região, há vinte anos atrás, o valor do metro quadrado do terreno era de 50 dólares, hoje custa mais de 2 mil dólares. São 23 quilômetros, onde se localizam "os quartéis generais de empresas que se adequam a modificações nas forças produtivas da sociedade capitalista contemporânea" (AMARAL, 1995, item 4.9). Estes edifícios não seguem o mesmo conceito dos edifícios da Paulista ou do Centro, pois isolaram-se da infra-estrutura de serviços urbanos, criando a sua própria.

Amaral (1995, item 4.6) classifica essa região como "território inteligente" por ser um pólo administrativo que concentra este tipo de escritório e por expressar o resultado organizacional da estrutura da indústria pós-fordista.

Este pólo administrativo é muito semelhante, aos pólos inteligentes de outros países, de modo que, "…todos os territórios inteligentes, em qualquer localidade do globo terrestre, são muito parecidos entre si, seja em Tóquio, Nova York ou São Paulo… O tipo de edificação que os caracteriza difere do conhecido arranha-céu em termos de tecnologia e estética. São chamados de edifícios inteligentes." (AMARAL, 1995, item 4.6)

XII . b. EDIFÍCIOS INTELIGENTES

Segundo Ualfrido Del Carlo (DEL CARLO, 1989) um "edifício inteligente" é aquele "capaz de aprender e com discernimento, habilidade e precisão controlar as condições ambientais necessárias às atividades humanas". Para Del Carlo, este espaço ainda faria parte do universo da

ficção científica, entretanto, em nosso dia-a-dia, deparamo-nos com equipamentos que seriam os "embriões" dos sistemas inteligentes (microondas programáveis, sistemas de detecção de incêndio, secadoras e lava-roupas, secretárias eletrônicas, micro computadores etc).

Edifícios deste tipo deverão controlar as condições de temperatura, umidade e iluminação em cada ambiente para, mantendo as condições de conforto, segundo cada usuário, minimizar o consumo energético.

Edifícios inteligentes não são especializados em uma única atividade, mas possuem uma série de serviços de modo a suprir as necessidades de seus usuários. Eles devem ser dotados de serviços administrativos (central de xerox, fax, telefonia, copa), serviços de alimentação, saúde, habitação, culturais, financeiros etc.; são verdadeiros condomínios fechados.

Segundo Amaral, os edifícios inteligentes alocam "pessoas inteligentes", ou seja, uma burguesia gerencial internacional, de modo que, esses espaços procuram transmitir "valores de um individualismo hierárquico" (AMARAL, 1995, item 4.7). São espaços luxuosos e adequados a todos os requisitos para a operacionalização do trabalho.

Sistemas chamados especialistas, ainda poderiam desempenhar o controle de outros tipos de fluxos, como por exemplo, de pessoas, documentos, equipamentos e informações (produção, custos, manutenção etc.). Ainda, estes sistemas poderiam aprender com as informações adquiridas de modo a melhorar o desempenho de tais sistemas. Um edifício assim, passa a ser um organismo vivo, totalmente controlado e programável.

Segundo Andrew Harrison, do escritório DEGW, a inteligência dos edifícios, está tanto dentro, quanto fora do edifício. Começando pela localização, é preciso levar em conta o entorno, as facilidades de acesso, as condições de trânsito futuras, e os meios de transporte. Já no interior, o edifício deve proporcionar segurança, conforto, economia, boa estrutura de comunicações e boas condições de trabalho. (*A Próxima Geração de Edifícios no Brasil*, 1997, p. 14)

Se no início da década de 80, na Europa e Estados Unidos, associava-se aos edifícios inteligentes, um alto nível de automação, hoje entende-se que esta inteligência não depende apenas de alta tecnologia. É preciso que o edifício tenha uma boa capacidade de adaptação à crescente exigência de flexibilidade nas instalações das empresas.

> A também crescente exigência de conforto ambiental, indutor de estabilidade e produtividade funcional das companhias, vem ganhando em espaço de que antes não dispunha. E, aos poucos, vai originando demandas que não mais se limitam a boa iluminação, boa temperatura e bom isolamento acústico. O ambiente urbano, a paisagem vista das janelas, as áreas de encontro e lazer, fumódromos, salas de ginástica e relax já figuram no rol das preocupações da alta direção empresarial. (*Prédio inteligente reúne tecnologia*..., 1998, p. 108)

A modulação está passando a ser fator determinante também, da inteligência predial, pois esta orienta estruturas, fachadas, instalações em geral, que por sua vez estão vinculadas a pisos elevados, shafts e cabeamento estruturado, bem como sistemas de prevenção e combate a incêndio.

Entretanto, o diretor da Bolsa de Imóveis, Márcio Marques Alvarenga, ressalta: "Um edifício

inteligente começa com uma arquitetura inteligente. Não adianta querer dispor de todos os recursos tecnológicos se a arquitetura e a estrutura do prédio não estiverem preparadas para recebê-los" (*Prédio inteligente reúne tecnologia...*, 1998, p. 109)

O arquiteto Edison Musa, vice-chairman do *Council of Tall Buildings and Urban Habitat* do Brasil, complementa: "Não faz sentido automatizar um prédio sem levar em conta fatores naturais como o posicionamento do sol ou a ação dos ventos, que vão determinar algumas das especificações e o desempenho esperado dos equipamentos de condicionamento de ar e iluminação e pelos próprios materiais de construção, como a caixilharia por exemplo. Também deve ser considerada a malha urbana, como a existência de vias de acesso ou oferta de serviços nas proximidades do edifício." (*Prédio inteligente reúne tecnologia...*, 1998, p. 109)

A seguir são descritos alguns dos principais edifícios de escritórios de grande altura da cidade de São Paulo.

Edifício Bolsa de Imóveis

A construção do edifício Bolsa de Imóveis foi iniciada há 5 anos, passando pelos altos e baixos dos planos econômicos. O projeto do arquiteto Carlos Bratke especificou o que na época era inovação no mercado brasileiro, mas que atualmente já faz parte da maioria das obras concluídas recentemente, de edifícios comerciais de alto padrão: o revestimento com painéis de alumínio composto (ACM).

Na fachada da Bolsa de Imóveis, foram empregados painéis de grandes dimensões, intercalados com painéis estreitos, nas cores prata e branco. Também foram utilizados vidros laminados espelhados prata de 8 mm, importados e laminados pela Glassec, e aplicados segundo o sistema *structural glazing*.

O edifício com 15 pavimentos e 37.000 m^2 de área construída, foi construído pela Novomarco e Bratke Collet. Foi utilizado um sistema de estrutura mista, com lajes e vigas protendidas. O partido do projeto: uma máquina de trabalhar.

Foram utilizados 5.500 m^2 de vidro laminado, 70 t de perfis de alumínio e 20.000 m^2 de painéis de alumínio composto, fabricados pela Reynobond, subsidiária da Alcoa. Ao todo, foram investidos R$ 45 milhões no empreendimento, que oferece infra-estrutura de ponta aos seus usuários.

Figura XII.1 - Edifício Bolsa de Imóveis.
Foto: Carlos Gueller, FINESTRA, nº. 6, p. 36.

O diretor da Alubond, Walter Macatrozzo, responsável pelo processo de usinagem, afirma que foram utilizados painéis com dimensões especiais para reduzir as perdas. As placas normais tem 4.877 mm de comprimento, por 1.575 mm de largura. A grande maioria dos painéis da obra mediam 3.658 mm de comprimento, por 1.067 mm de largura e havia ainda os módulos menores com 250 mm de comprimento. Macatrozzo ainda coloca que foram empregados todos os recursos técnicos disponíveis, tanto quanto ao potencial plástico, quanto aos procedimentos produtivos de usinagem, curvatura e dobras.

Os perfis que suportam os painéis, também são de alumínio e foram igualmente curvados pela Alubond, resultando em placas absolutamente iguais, sem deformação de raios. A instalação dos painéis foi realizada pela Gradfer. Montando estratégias juntas, a Alcoa, a Alubond e a Gradfer realizaram um ótima performance, criando critérios para armazenagem e transporte inclusive dos painéis de maiores dimensões e curvos.

A aplicação dos painéis de ACM teve resultados excelentes, a ponto de diretores da Reynobond que visitaram a obra, ficarem surpresos com a planicidade obtida, principalmente levando em conta que há muitos cantos curvos, além de planos curvos que se encontram com planos retos.

Edifício Plaza Centenário

O Plaza Centenário, com uma altura de 140m e revestimento em alumínio, tornou-se um referencial urbano às margens do rio Pinheiros. O edifício construído pela Cetenco Engenharia, tem projeto do arquiteto Carlos Bratke. São 36 pavimentos que utilizam 40 mil m^2 de placas de

Figura XII.2 - Ed. Bolsa de Imóveis.

Foto: José Moscardi Jr., PROJETO DESIGN, nº 204, p. 32.

Figura XII.3 - Edifício Plaza Centenário.

Foto: Carlos Gueller, FINESTRA, nº. 8, p. 114.

alumínio composto Alucobond na cor prata.

Inicialmente, os materiais que se apresentaram como alternativas para o revestimento da fachada foram o granito e o concreto raspado, materiais já bastante utilizados na região. Os painéis de alumínio composto foram escolhidos primeiramente pela sua beleza, porém mais tarde revelaram-se também mais econômicos. O custo do granito de primeira linha chumbado na fachada era de aproximadamente 20% superior ao do alumínio composto. O tempo de execução foi estimado em apenas 30% do tempo que seria gasto, caso fosse utilizado o granito.

Por ser o primeiro edifício no Brasil a empregar o material, não havia pessoal com experiência nessa tecnologia. Contratou-se a consultoria da McDougall Company, que tem sede em Nashville-EUA, para a elaboração do projeto executivo da fachada. O projeto apresentado detalhava a metodologia de montagem, o formato das placas e a paginação. Entretanto, chegando ao Brasil, o projeto foi adaptado pela Inmecol, de acordo às condições locais.

Também foi necessário o treinamento, nos Estados Unidos, de um corpo técnico para aprender os processos de fabricação e aplicação do produto. Posteriormente, essa equipe pôde treinar a mão-de-obra, pois o material apesar de ser facilmente aplicado, requer cuidados na estocagem, manuseio e montagem. Também foi necessária a aquisição de equipamentos de última geração para processamento dos painéis.

As juntas, com cerca de ½ polegada, foram preenchidas com uma baguete de espuma de polietileno e silicone estrutural preto 3M. As rebarbas de silicone foram retiradas juntamente com o filme de proteção após o término da obra.

Desde a colocação dos suportes, até a instalação dos 40 mil m^2 de painéis e a retirada do filme protetor, passaram-se 6 meses. Esse tempo ultrapassou o previsto, mas ficou dentro do cronograma da obra. A fachada exige limpeza a cada 6 meses com água e detergente, devido à poluição atmosférica. A lavagem pode ser realizada com os mesmos carrinhos de lavagem de vidros.

O edifício Plaza Centenário, inteiramente revestido em alumínio, não necessita de malha de aterramento para a proteção contra raios. O edifício funciona como uma enorme gaiola de Faraday, ou seja, um gigantesco pára-raios. É necessário que o conjunto de painéis seja aterrado na ferragem da estrutura do edifício. Caso um raio caia sobre o edifício, a descarga elétrica será dissipada, evitando qualquer perigo ou dano ao patrimônio.

Centro Empresarial Nações Unidas

Localizado na esquina das avenidas Nações Unidas e Águas Espraiadas, o CENU, como é conhecido o Centro Empresarial Nações Unidas, foi projetado pelo escritório Botti Rubin Arquitetos Associados.

Figura XII.4 - Maquete do CENU

Fonte: FINESTRA, nº 11, p. 66

O complexo é dotado de três torres, das quais a Norte é a mais alta, com 160m de altura, 36 andares e 5 subsolos. A torre ocupa 50% dos aproximadamente 300.000m^2 do empreendimento.

As torres Leste e Oeste são empreendimentos da Bolsa de Imóveis juntamente com a Imopar (formada pelo grupo Moreira Salles e Unibanco). Já a torre Norte é de propriedade da Funcef, o fundo de pensão dos funcionários da Caixa Econômica Federal, que está investindo 160 milhões de reais no projeto. A *joint-venture* das empresas Tishman Speyer (americana) e Método Engenharia (brasileira) é responsável pelo desenvolvimento, construção e administração da torre.

A Torre Norte é a principal estrutura do conjunto, organizando-o. Um dos destaques é uma área de 5.200 m^2 para fins comerciais, coberta por vidro, situada no pavimento térreo e interligada ao shopping D&D, seu vizinho. Existe um bulevar entre os três edifícios, criando uma área de permanência e circulação externa. As torres são dotadas de heliportos em seu topo.

A Torre Norte terá na sua fachada, painéis de concreto pré-moldados, revestidos com granito polido granulado branco-acinzentado, e vidro verde-azulado de baixa reflexão. As janelas tipo tem dimensões de 2,48m de altura, por 2,28m de largura. Os painéis possibilitam a precisão na fabricação e na montagem, uma maior rapidez e um maior controle da qualidade dos painéis e do edifício.

Para fornecer o granito cinza de revestimento dos painéis, foi comprada especialmente uma jazida baiana. As placas seguem a paginação de 2,60 x 1,40m e são colocadas com grapas metálicas afastadas entre si por juntas de 3,5 cm.

A Torre Norte, construída em concreto de alto desempenho, possui lajes planas, sem vigas de sustentação. Já as outras duas torres seguem, no seu sistema estrutural, uma modulação de 3,75 x 3,75m, formando uma grelha de vigas protendidas e caixões perdidos nas lajes, moldados por fôrmas metálicas.

O projeto criou grupos de elevadores de alta velocidade, que servirão grupos de pavimentos, diminuindo os tempos de viagem. Pensou-se num edifício flexível de modo a facilmente incorporar novas tecnologias e futuras evoluções. Pisos elevados de 15cm acomodam os sistemas de cabeamento e transmissão de dados, permitindo mudanças e alterações no *lay-out* e adequação a novos equipamentos. O sistema de iluminação automatizado utiliza luminárias com reatores eletrônicos, garantindo maior economia, alta performance e confiabilidade.

Um sistema de *sprinklers* e detectores de fumaça endereçáveis auxilia na prevenção e combate a incêndios aumentando a segurança dos ocupantes. Estes são controlados por um sistema predial de monitoramento que também é responsável pelos controles de ar condicionado, elevadores, instalações elétricas (energia e iluminação) e hidráulicas.

O empreendimento possui cabeamento estruturado e teleporto para a entrada de *links* de fibra ótica da concessionária, da Embratel e do provedor de Internet. Este serviço de conexão à rede, 24 horas por dia é um dos diferenciais do conjunto. Com a mesma facilidade que se tem no acesso à rede elétrica ou telefônica comum, estes sistemas permitem acesso à WWW – World Wide Web; é o *plug and play*.

O complexo está incluído no rol de edifícios da categoria AA – alta tecnologia – por apresentar ótimas características e especificações técnicas.

Segundo a Bolsa de Imóveis, são apenas 39 edifícios na cidade com essa classificação, sendo que ainda 15 estão em projeto ou construção.

O projeto, iniciado há 9 anos, resistiu a alguns planos econômicos e mudanças de moeda. Ao longo do tempo, foi sendo atualizado e readequado, sendo inaugurada, a primeira das três torres, a Torre Oeste, em maio de 1998.

A Torre Oeste, com 77 mil m^2 de área construída, e 25 pavimentos, possui 15 elevadores, distribuídos entre zonas alta, baixa e subsolo. Com motores de corrente variável, o que suaviza os impactos de arranque e parada, e um sistema de autoprogramação que administra as paradas conforme os horários de pico, o sistema economiza 50% de energia, com relação aos sistemas convencionais, e resulta num tempo de espera máximo de 18 segundos em qualquer horário.

São 1.021m^2 de área útil por laje, que seguem um sistema modular de 1,25 x 1,25m, na Torre Oeste, com estrutura convencional de concreto, sem pilares centrais, permitindo o melhor aproveitamento dos espaços e o redesenho do *lay-out*, com grande facilidade.

A Torre Oeste tem três blocos de escadas pressurizadas para saídas de emergência, duas nas laterais do edifício e uma central. Este sistema impede a entrada de fumaça na caixa de escada, eliminando a necessidade do duto de fumaça.

Edifício Birmann 21

Uma parceria transnacional entre os escritórios de arquitetura Skidmore, Owings & Merril (SOM), e Kogan, Villar e Associados, permitiu o desenvolvimento dos projetos para o edifício Birmann 21. O escritório americano SOM foi responsável pela concepção do edifício, enquanto que o escritório Kogan Villar dedicou-se à compatibilização do projeto às condições tecnológicas nacionais.

É um conjunto arquitetônico dotado de uma torre de 36 pavimentos panorâmicos, também chamados de *landscape office*, um bloco de múltiplo-uso, para conferências e eventos, e um edifício garagem de 6 pavimentos.

Figura XII.5 - Vista da fachada oeste

Foto: Carlos Gueller, FINESTRA, nº 10, p. 82.

A torre vem a constituir um novo marco referencial urbano, e se vale das vistas para os quatro quadrantes. Sua configuração recorre à combinação e virtual sobreposição de três tipos de

grelha e *curtain-wall*, para atender a aspectos funcionais e de composição. As fachadas norte e oeste, que recebem maior insolação, utilizam-se das grelhas, diminuindo a penetração da incidência solar. Já as demais fachadas, sujeitas a menor insolação, utilizam grelhas de vãos maiores, favorecendo a penetração de luz. Ainda, na fachada sul, foi parcialmente sobreposta uma cortina de vidro com estrutura de alumínio.

Os vidros adotados, têm características diferenciadas, de acordo com a fachada que devem proteger, fazendo um correto controle da insolação. Também foram realizados testes de túnel de vento pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que forneceram os parâmetros para o dimensionamento das estruturas, perfis e vidros das fachadas.

Os pavimentos-tipo tem uma área útil de 1.250m^2 e altura de piso a piso de 4m, garantindo um pé-direito livre de 2,75m, já que conta com piso elevado e forro modulado facilitando a paginação de luminárias e modificações no lay-out.

A torre foi concebida de modo a permitir a atualização dos equipamentos de telefonia, informática, transmissão de dados, automação e controle de sistemas prediais, como, gerenciamento energético, ar-condicionado, transporte vertical, iluminação, segurança patrimonial, e contra incêndio.

World Trade Center

Projeto do escritório Aflalo & Gasperini, o World Trade Center de São Paulo, finalizado em 1995, tem no seu programa uma torre de escritórios, um shopping, um hotel, um centro de convenções e exposições, e garagem para mais de 2 mil veículos, totalizando 162.500m^2.

Figura XII.6 - Conjunto do World Trade Center
Foto: Dudu Tresca, PROJETO, n^o 193, p. B3.

As fachadas seguem os exercícios formais dos autores com o tema das grelhas, seguindo a tradição paulista de explicitar a estrutura do edifício na sua resolução formal, porém não existindo uma subordinação nem uma contraposição entre pele externa e estrutura interna. O hotel tem uma volumetria em L e um gabarito mais baixo, com 16 pavimentos, que o diferenciam da torre de escritórios, com 26 pisos, enfatizando o seu caráter residencial.

O projeto tem por base uma modulação de 10m x 10m, que varre todo o terreno, criando eixos imaginários dispostos no sentido dos pontos cardeais e a 45^o em relação aos limites do terreno, praticamente retangular. Junto à marginal do rio Pinheiros os volumes seguem esta orientação, mas na parte próxima à av. Luis Carlos Berrini, os volumes seguem o alinhamento, ficando paralelos ao lote.

Edifícios Birmann 11 e 12

Em parceria com o escritório RTKL, de Baltimore, o escritório Edison Musa Arquitetos Associados desenvolveu os edifícios Birmann 11 e 12, localizados na Chácara Santo Antonio em área próxima à marginal Pinheiros. O terreno é quase um quadrado de 7.321m^2, que induziu a uma implantação defasada de dois blocos, articulados por uma rotunda monumental que dá acesso e interliga os dois edifícios, permitindo-lhe amplas vistas da cidade.

Figura XII.7 - Ed. Birmann 11 e 12
Fonte: PROJETO, no 205, p. 49.

Os edifícios foram bem definidos em base, corpo e coroamento. O empreendimento é constituído de três subsolos de garagem, térreo, mezanino e as duas torres idênticas que possuem 11 pavimentos uma, e 13 pavimentos, a outra. São ao todo 41.716 m^2 construídos. A modulação empregada de 1,25m x 1,25m, resultou em pavimentos-tipo de 36m x 36m e 841 m^2 de área útil, livres de pilares. As fachadas são revestidas em granito e mármore, além de vidro com perfis de alumínio.

XII . c. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A Próxima Geração de Edifícios Inteligentes no Brasil. Projeto Design, São Paulo, Arco Editorial, nº 204, jan. 1997, p. 14.

Abertura dos Portos: a Colaboração com Escritórios Internacionais se Efetiva em Grandes Projetos. Projeto Design, São Paulo, Arco Editorial, nº 205, fev. 1997, p. 46 - 53.

AMARAL, Claudio Silveira. Escritório: o Espaço de Produção Administrativa em São Paulo. São Paulo, 1995. Dissertação de mestrado. FAUUSP.

DEL CARLO, Ualfrido. Palestra proferida no PRIMEIRO SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE O EDIFÍCIO INTELIGENTE. São Paulo, 1989. (Citado por: AMARAL, Claudio Silveira. Escritório: o Espaço de Produção Administrativa em São Paulo. São Paulo, 1995. Dissertação de mestrado. FAUUSP. Item 4.6)

Feliz União Entre Projeto e Obra. Finestra, São Paulo, Ed. Archimídia, nº 6, out./dez. 1996, p. 36.

Inmecol Organiza Nova Estratégia de Mercado. Finestra, São Paulo, Ed. Archimídia, nº 8, jan./mar. 1997, p. 114.

Nações Unidas Inicia Obras da Torre Norte. Finestra. São Paulo, Archimídia, nº 11, out./dez. 1997, p. 66.

Novo Centro da Móvel Cidade. Projeto Design, São Paulo, Arco Editorial, nº 193, jan./fev. 1996, p. B.1- B.8.

Prédio inteligente reúne tecnologia e arquitetura em entorno adequado. Projeto Design, São Paulo, Arco Editorial, nº 221, jun. 1998, p. 118-111.

Referencial Urbano e Construtivo. Finestra. São Paulo, Archimídia, nº 10, jul./set. 1997, p. 82-86.

XIII EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS NO EXTERIOR

Se nos anos 70, especialmente nos Estados Unidos e Europa, buscava-se projetar edifícios que utilizassem menos energia, atualmente nos países mais desenvolvidos a preocupação é quanto ao ciclo de vida dos edifícios e seus materiais, olhando não somente para o consumo de energia, mas também para os resíduos gerados, a limitação das fontes de matéria-prima e como isto afeta todo o processo de projeto.

Edifícios que respondem a tais preocupações já são uma tendência, principalmente em países desenvolvidos. Entretanto, é sem dúvida mais fácil resolver bem uma edificação pequena ou média, do que grandes construções. De modo que já são diversos os exemplos, como exposto no capítulo IV, enquanto que edifícios maiores e de grande altura são apenas alguns poucos.

Isto se deve em parte à complexidade dos programas de grandes edifícios, mas também aos impactos que naturalmente geram construções de grande altura.

Se por um lado edifícios altos tem a vantagem de concentrar um maior número de atividades e pessoas, por outro geram maior quantidade de detritos e resíduos, maior quantidade de calor e de fluxos, além de demandarem mais energia.

A edificação em si modifica a paisagem urbana, e produz impactos no micro clima, por afetar o fluxo das correntes de ar, a insolação do entorno, bem como a temperatura, sendo uma grande massa inorgânica, retentora de calor.

Edifícios altos geram um fluxo de veículos muito grande, exigindo enormemente dos sistemas viários. Também em função das atividades ali desenvolvidas, demandam grandes quantidades de energia para iluminação, sistemas de acondicionamento e equipamentos, sendo portanto uma grande fonte de poluição, pela própria demanda de energia e pelos resíduos gerados diariamente.

A evolução dos centros administrativos, em função das vantagens do adensamento e aglomeração, tem persuadido empresários e tomadores de decisão a valer-se dos princípios de proximidade física e interdependência. O resultado tem sido um círculo vicioso no qual os edifícios de grande altura aumentam o valor do solo, que por sua vez torna a área atrativa para novos empreendimentos, aumentando o crescimento e a ocupação por mais edifícios altos.

Vários arquitetos, como Norman Foster, defendem a idéia de que a melhor forma de se promover a implantação de usos mistos nas áreas centrais degradadas das grandes capitais é pela construção de torres de edifícios, incluindo espaços públicos no nível da calçada, plataformas de observação e restaurantes em alturas estratégicas.

A seguir são descritos alguns dos principais edifícios de escritórios no mundo, que de alguma maneira buscam responder a essas novas preocupações ambientais e energéticas, promovendo o desenvolvimento sustentável. De forma alguma, estes edifícios são soluções perfeitas, finais e exatas da conjuntura global atual à que pretendem responder, mas são entretanto uma mostra dos caminhos a serem seguidos, funcionando como ícones do que deve ser almejado. Por coincidência, ou não, os dois edifícios aqui apresentados localizam-se na Alemanha, entretanto sabe-se de outras experiências de edifícios sustentáveis em Singapura, por exemplo, do arquiteto Ken Yeang.

Estes edifícios que se intitulam como ambientalmente sensíveis, lançam mão de uma ampla gama de estratégias e materiais de fachada. Estes variam desde as chamadas peles inteligentes, ao simples uso de terraços e brises. As fachadas *high-tech* ainda são razoavelmente novas e estão em experimentação, tornando-as aparentemente complicadas e onerosas, portanto pouco aceitas ainda, no momento.

É importante notar que as fachadas em edifícios de grande altura são submetidas a micro-climas diferentes, que devem ser considerados no projeto, de forma a se evitarem investimentos, consumos de materiais e energia desnecessários.

Tanto altura, como orientação das fachadas, devem ser avaliadas para se responder ao micro-clima gerado. Elementos como vidros duplos, caixilharia móvel e brises terão comportamentos diferentes com a diminuição das temperaturas, e o aumento da velocidade dos ventos.

Figura XIII.1 - Ed. Commerzbank.
Fonte: ARCHITECTURAL REVIEW, jul. 1997, p. 27.

XIII . a. SEDE DO COMMERZBANK

Em 1991, o Commerzbank, um dos bancos mais importantes da Alemanha, convocou um concurso para a construção de sua nova sede em Frankfurt, onde suas atividades achavam-se dispersas por toda a cidade. O antigo escritório central situava-se em pleno distrito financeiro, numa torre projetada em 1974, por Richard Heil. O novo edifício deveria situar-se em terreno junto à antiga sede.

Nove escritórios de arquitetura alemães e norte americanos concorreram no concurso. Um dos requisitos fundamentais do programa era que o edifício deveria buscar ao máximo a economia de energia, reduzindo o consumo de combustíveis fósseis, sem deixar de lado o adequado conforto ambiental dos espaços e expondo os usuários ao contato benéfico das plantas.

O projeto vencedor, do arquiteto inglês Norman Foster, se diz propor uma arquitetura adequada às demandas ambientais do próximo milênio, aplicando as últimas tendências *high-tech*. Trata-se de uma arquitetura que, apesar de consumir grandes quantidades de energia na produção de seus materiais e construção, justifica o seu partido, defendendo que estes edifícios inteligentes são baixos consumidores, geram energia limpa e contribuem à vida da cidade devolvendo energia à malha urbana.

O edifício situa-se a leste da antiga sede, com seus 60 pavimentos e 298 metros de altura, a partir do nível da rua, considerando o mastro superior.

A sua planta é um triângulo equilátero, de lados curvos, com um dos vértices orientados para o norte e a sua base correspondente para o sul.

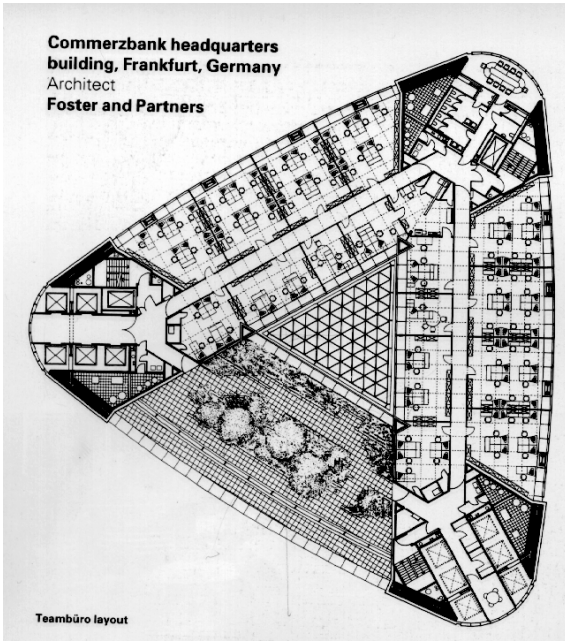


Figura XIII.2 - Ed. Commerzbank, pavimento-tipo.

Fonte: ARCHITECTURAL REVIEW, jul. 1997, p. 30.

O centro do triângulo é cortado por um átrio que atravessa todo o edifício ao longo da altura. Para evitar o efeito chaminé, o átrio é compartimentado por uma espécie de diafragma de vidro sobre uma malha metálica, a cada 12 pavimentos.

Nos vértices do triângulo, organizam-se os núcleos técnicos e de circulação vertical. No topo do núcleo oeste, ergue-se uma torre técnica de dez pavimentos, arrematada por um mastro de quarenta metros de altura, que reforça o caráter de marco urbano da obra.

Conectando a torre com o seu entorno, o pavimento térreo abre-se numa edificação perimetral mais ampla, com uma cobertura envidraçada e vigas radiais, que abriga um restaurante, um café e um banco, para servir tanto à torre, como à cidade. Uma praça pública e vias de pedestres completam o conjunto.

O edifício retangular acinzentado da antiga sede, teve sua imponência e altura suplantadas pela nova torre, ainda que a relação entre ambos tenha sido trabalhada com muita atenção. A nova sede está implantada de forma que apenas uma ponta do triângulo se aproxima da antiga fachada, diminuindo o impacto visual causado aos ocupantes.

Nos pavimentos-tipo da torre, duas das três "pétalas", como foram designadas pelos arquitetos as faces do triângulo, destinam-se a escritórios, sendo que a terceira pétala abriga um jardim. Estes "jardins-aéreos" ocupam 4 pavimentos de altura e desenvolvem-se em espiral em torno do átrio, com o qual se comunicam de forma que permitem às salas voltadas para o interior receberem luz e ventilação natural, conferindo-lhes uma boa quantidade e qualidade de iluminação e ar, oxigenado pelas plantas.

Figura XIII.3 - Ed. Commerzbank, jardim.

Fonte: ARCHITECTURAL REVIEW, jul. 1997, p. 33.

As vistas criadas a partir das salas internas, vendo-se, os diversos jardins acima e abaixo, dependendo da altura em que se está, o atrium e a perspectiva da cidade através dos jardins é intrigante.

Nestes jardins, certamente cabem árvores de porte considerável, apesar das plantas ali colocadas já estarem bem próximas de seu tamanho adulto, fazendo bom uso destes espaços.

Segundo a orientação, os jardins foram concebidos com diferentes temáticas: os ocidentais com vegetação norte americana, os orientais com plantas asiáticas e os meridionais com espécies mediterrâneas. O plantio foi feito em caixas de pedra erguidas do piso de modo a salientar a altura das plantas mais altas.

Grandes panos de vidro, de 14 m de altura, protegendo estes jardins do exterior, possuem aberturas superiores possibilitando a passagem do ar. Este envidraçamento é ligeiramente inclinado ao exterior, pela mesma razão que as torres de controle dos aeroportos e as vitrines o são: reduzir os reflexos que atrapalham a visão. Nos jardins, podem se observar vistas surpreendentes do céu com a cidade.

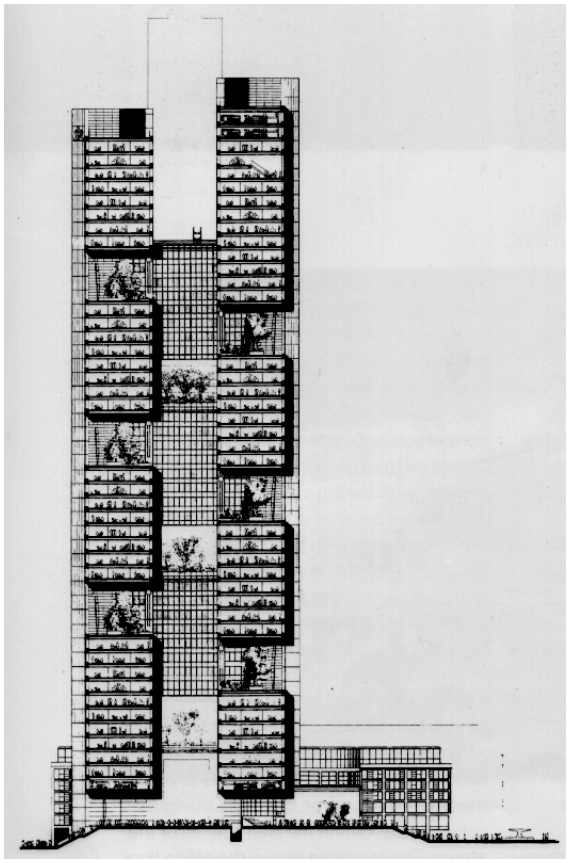


Figura XIII.4 – Ed. Commerzbank, corte.
Fonte: ARCHITECTURAL REVIEW, jul. 1997, p. 31.

O edifício, dividido pelos diafragmas, funciona como que em pequenos povoados empilhados, cada um com o seus três jardins, nas diferentes orientações, capazes de permitir a entrada de ar natural, qualquer que seja a direção do vento.

O arranjo de salas individuais ou para pequenos grupos, determinou um corredor central, dificultando as referências de localização. Entretanto, esta monotonia é quebrada por algumas divisórias envidraçadas, que permitem as vistas através das salas, seja para o exterior, o atrium ou o jardim.

Trabalhos gráficos identificam cada um dos três núcleos de circulação vertical da torre, por cores primárias, azul, amarelo e vermelho, melhorando o sentido de orientação.

Seis mega pilares perimetrais de aço e concreto, situados nos vértices e uma série de vigas Vierendel convexas, de 36m de vão e diversos pavimentos de altura, são responsáveis pela estrutura da torre, possibilitando os vãos, livres de pilares, nos jardins.

Talvez no futuro, esta planta livre venha a ser ainda mais útil, se necessário o rearranjo do *lay-out* dos espaços de trabalho.

Como o micro clima nos pavimentos superiores torna-se mais rigoroso, diminuindo o período possível de abertura do edifício, optou-se por ali distribuir os auditórios e salas de conferências, que eventualmente demandariam um maior controle ambiental artificial.

Cada povoado possui uma estação de monitoramento que ativa ou desativa os sistemas de refrigeração e aquecimento, conforme as condições naturais externas.

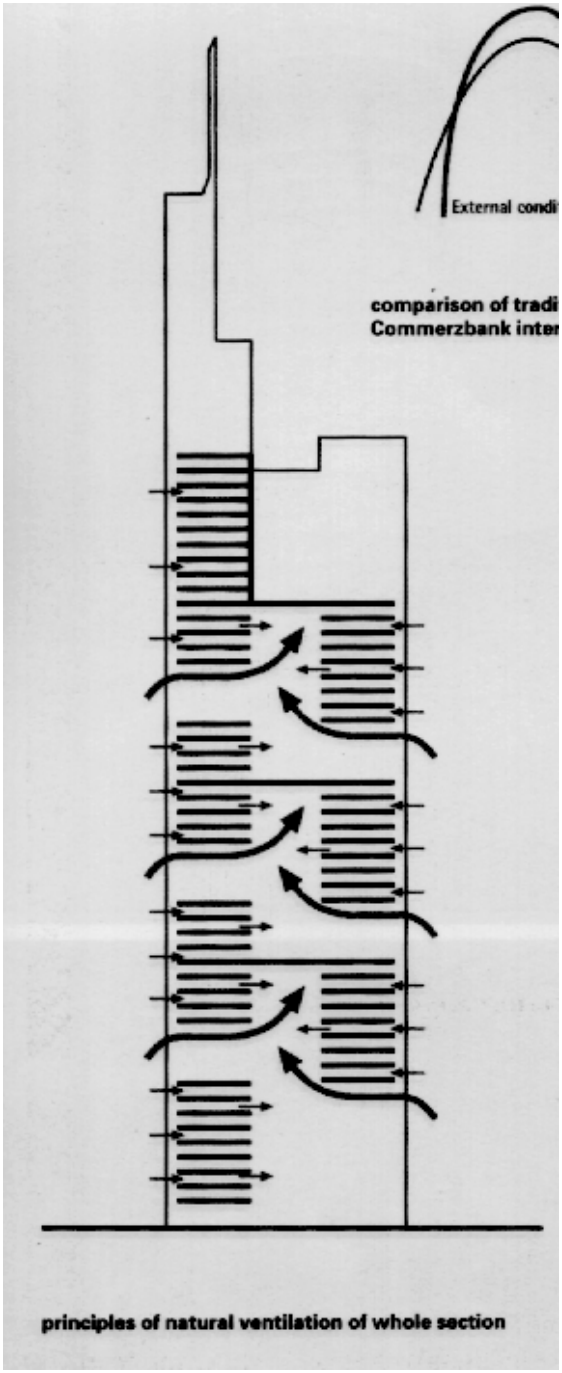


Figura XIII.5 - Ed. Commerzbank, princípios de ventilação natural.

Fonte: ARCHITECTURAL REVIEW, jul. 1997, p. 39.

Optou-se por um sistema misto de ventilação natural e mecânica, favorecendo os critérios de eficiência energética, controlável pelos usuários e que pudesse a todo momento fornecer condições ótimas.

As janelas das salas externas, com envidraçamento duplo, podem ser abertas pelos usuários individualmente, por meio de interruptores. Entretanto, a estação de gerenciamento geral do edifício é capaz de fechá-las, todas, a qualquer momento.

Sistemas de monitoramento e controle sofisticados como estes, fazem pensar quão "natural" ou "ecológico" é realmente um edifício como este.

> *Although this sophisticated computerized management seems to be for the sake of precision and efficiency, one major implication is the electricity consumption involved in this process, where even the opening of a window is made by electrical means. With changes in the design detailing, part of this energy could be certainly saved*. (*GONÇALVES*, 1997, p. 83.)

As janelas internas são dotadas de pivôs inferiores permitindo uma pequena movimentação superior do caixilho para a passagem de ar.

Uma terceira pele externa, também de vidro e que possibilita a passagem do ar através de ranhuras horizontais, protege exteriormente os vãos do vento e da chuva. Aqui, detalhes aero-dinâmicos foram adicionados, de forma a prevenir a formação de ruído pela ação do vento sobre o edifício.

A cavidade entre o envidraçamento fixo e o caixilho móvel é de 16,5cm. Com aberturas inferior e superior, o ar quente e o ar viciado das

salas, quando a janela encontra-se aberta, é retirado, por convecção.

Dentro das cavidades, persianas de alumínio, de 5cm de profundidade, podem ser movimentadas por motor. No verão deverão ser inclinadas pelo BMS - Building Management System - de modo a diminuir a incidência solar e no inverno deverão ser inclinadas de modo a refletir os raios do sol em direção ao teto, aumentando a iluminação.

É por ela que passa o ar fresco retirando o ar quente por convecção para a abertura superior.

O aquecimento das salas é feito por um sistema convencional de convectores sob as janelas. Um sistema independente de dutos sob o piso elevado das salas, insufla ar refrigerado quando as condições externas requerem que o sistema individual de ventilação das janelas seja suplantado, por exemplo, no caso de uma tempestade ou quando a poluição externa for muito elevada. Este sistema é totalmente desativado nos locais do edifício que não estão em uso.

A movimentação individual das janelas mal pode ser vista do exterior, já que o envidraçamento perimetral é fixo, denotando uma fachada limpa e lisa em contraste com o trabalhado tecido urbano da cidade de Frankfurt, do século passado.

Por motivos de segurança, as autoridades de controle de tráfego aéreo requisitaram que o edifício fosse transparente ao radar, pelo que se optou em fazer todo o fechamento do edifício em vidro. As torres dos núcleos de serviços foram revestidos com painéis brancos opacos, que contrastam com o cinza do envidraçamento das salas e as faixas escuras dos jardins.

Outra questão que deixa dúvidas, sobre o partido sustentável, é quanto ao trabalho das fachadas padronizadas e iguais, que desconsideram diferenças de insolação e ventos, tanto nas diferentes orientações, como a diferentes altitudes.

Durante as estações mais rigorosas, o edifício é aquecido 24 horas por dia, de modo que a energia colocada no sistema durante as manhãs, para se atingirem as temperaturas desejadas é menor que se o sistema fosse completamente desligado toda noite.

Apesar do aquecimento não ser tão oneroso quanto a refrigeração, a questão das propriedades térmicas dos materiais deveria merecer mais atenção,

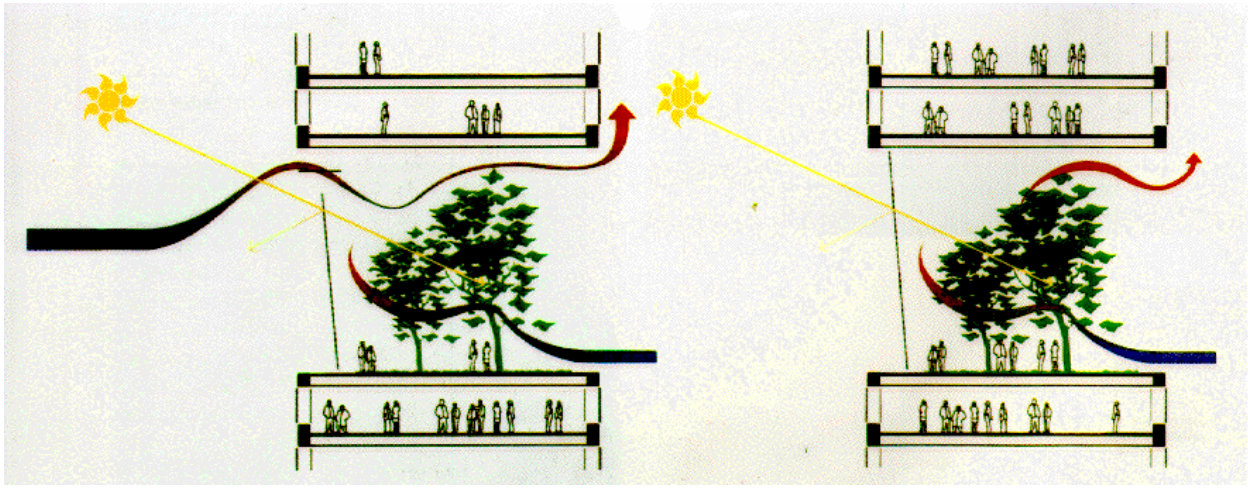


Figura XIII.6 - Ed. Commerzbank, ventilação no verão e no inverno.

Fonte: ARCHITECTURAL REVIEW, jul. 1997, p. 39.

especialmente em edifícios de grande altura situados em cidades frias como Frankfurt, sendo que a estação fria do ano é mais longa.

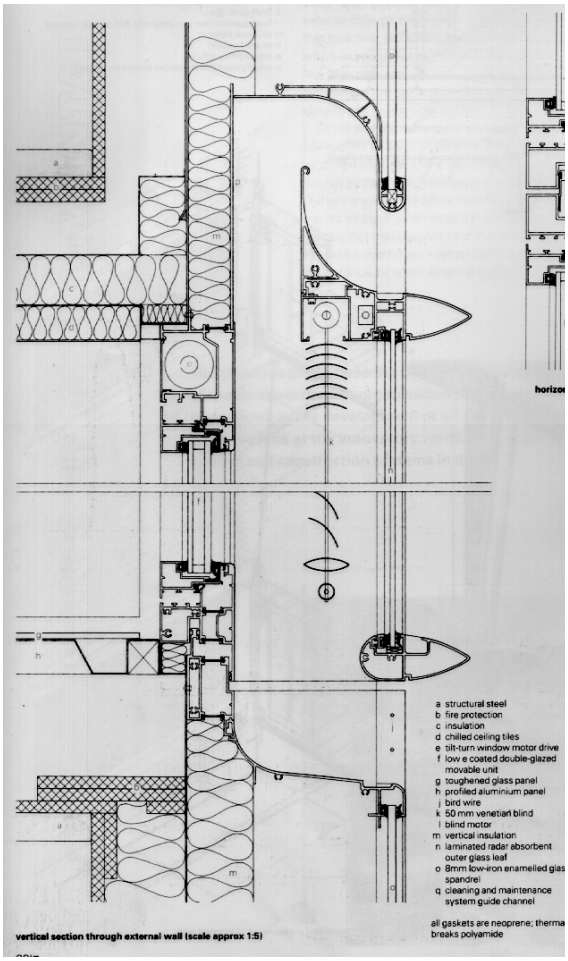

a structural steel
b fire protection
c insulation
d chilled ceiling tiles
e tilt-turn window motor drive
f low e coated double-glazed movable unit
g toughened glass panel
h profiled aluminium panel
j bird wire
k 50 mm venetian blind
l blind motor
m vertical insulation
n laminated radar absorbent outer glass leaf
o 8mm low-iron enamelled glass spandrel
q cleaning and maintenance system guide channel
all gaskets are neoprene; thermal breaks polyamide
vertical section through external wall (scale approx 1:5)

Figura XIII.7 – Ed. Commerzbank, corte do fechamento externo.

Fonte: ARCHITECTURAL REVIEW, jul. 1997, p. 38.

O sistema eletrônico de administração predial (BMS) monitora as condições externas, fazendo ajustes quando necessário, com os sistemas de resfriamento e aquecimento, prevalecendo sobre o sistema natural de ventilação.

O BMS é auxiliado por vários dispositivos de redução de consumo energético, como por exemplo os sensores de presença que monitoram automaticamente os escritórios, desligando a iluminação se é detectada a ausência de movimento.

Figura XIII.8 - Ed. Commerzbank, caixilharia fechada e aberta.

Fonte: ARCHITECTURAL REVIEW, jul. 1997, p. 37.

As torres de resfriamento na cobertura fornecem água para as descargas sanitárias e a água dos lavatórios não é aquecida de modo a não consumir energia. Tubulação adicional foi instalada para o reaproveitamento de água.

Apesar de todos os dispositivos descritos, o edifício desconsidera a geração de energia na própria torre, que poderia ser feita, por exemplo, por meio de painéis fotovoltáicos (energia solar), pela queima de resíduos (energia térmica), ou por turbinas no topo (energia eólica).

Espera-se que o edifício consuma 50% menos energia que uma torre tradicional de escritórios hermética. Estudos do micro clima demonstraram que o edifício como um todo, considerando suas diferentes altitudes, pode ser naturalmente ventilado por 60% do ano, ainda mantendo os padrões de conforto exigidos pelo cliente.

Mesmo com exaustivos estudos computadorizados realizados no intuito de verificar o comportamento do edifício, não se sabe ao certo qual será o resultado final.

Entretanto, o prédio todo está sendo monitorado, e como qualquer protótipo, certamente apresentará falhas, mas certamente mostrará muitas lições a serem seguidas, no sentido de criar boas respostas a uma época de consciência ambiental.

XIII . b. TORRE RWE

A cidade de Essen, na Alemanha, conhecida como "a capital dos escritórios", vem passando por um processo de transformação urbana, como a maioria das antigas cidades industriais.

Frente à Ópera de Alvar Aalto, construída entre 1981 e 1988, ergue-se a Torre RWE, ponto de referência da cidade, onde são raros os edifícios de grande altura.

Figura XIII.9 - Ed. RWE, vista noturna.

Fonte: ARCHITECTURAL REVIEW, jul. 1997, p. 40.

Sede administrativa da companhia elétrica mais importante da Alemanha, Hochtief AG, este edifício responde ao programa elaborado pelo próprio escritório de arquitetura - Ingenhoven, Overdiek Kahlen und Partner - quase uma década atrás.

Dentre os principais objetivos do projeto estão a redução dos custos energéticos e a criação de um ambiente de trabalho agradável e saudável. De modo que, optou-se por uma torre em forma cilíndrica, por ser a que permite a melhor relação entre superfície de fachada y volume interior, depois da esfera.

O segundo lugar no concurso do projeto para o Commerzbank também mostrou grande preocupação com o meio ambiente, propondo um partido bem similar ao primeiro colocado. O projeto de Christoph Ingenhoven supunha duas torres de vidro cilíndricas e concêntricas, separadas por uma grande cavidade de largura variável, contendo uma série de elementos capazes de modificar o micro clima, incluindo plantas que serviriam para oxigenar o ar e sombrear o interior. No ano seguinte, Ingenhoven e seus sócios ganharam o concurso para a sede RWE em Essen, com um projeto muito similar, que teve sua construção ironicamente concluída alguns meses

Figura XIII.10 - Ed. RWE, escritório visto através do fechamento externo.

Fonte: ARCHITECTURAL REVIEW, jul. 1997, p. 45.

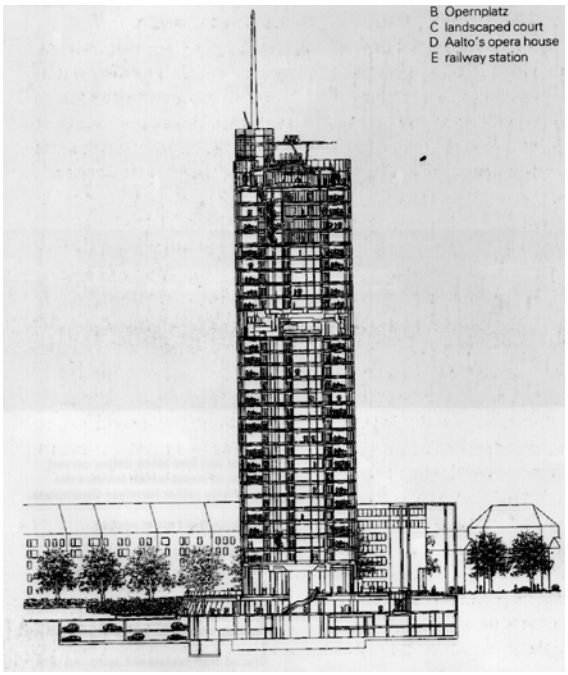


Figura XIII.11 - Ed. RWE, corte.

Fonte: ARCHITECTURAL REVIEW, jul. 1997, p. 42.

antes do banco.

Os arquitetos, sem dúvida encararam a questão como um concurso e quando finalizado o edifício, declararam:

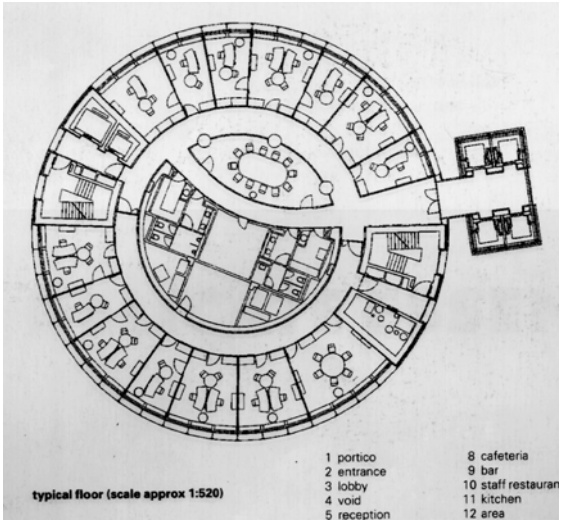


Figura XIII.12 - Ed. RWE, pavimento-tipo.

Fonte: ARCHITECTURAL REVIEW, jul. 1997, p. 42.

> *It is not Frankfurt, Germany's banking centre, that can lay claim to having won the race to build the first pro-ecological high-rise in the world… The laurels go to the Ruhr Valley… The city of Essen whose population is slightly less than that of Frankfurt… is known as the office capital of the region…* (*Delicate Essen*, 1997, p. 40.)

Com a intenção de aproveitar ao máximo este volume, o núcleo de elevadores foi deslocado para o exterior, formando uma esbelta coluna ligada sutilmente ao volume principal, de 30 pavimentos e 120m.

Complementarmente, outros dois núcleos de serviços, divididos entre escadas, elevadores, monta-cargas e apoio são dispostos perimetralmente ao cilindro. O núcleo da torre, destina-se, portanto, a escritórios e salas de reunião em todos os andares.

Figura XIII.13 - Ed. RWE.

Fonte: ARCHITECTURAL REVIEW, jul. 1997, p. 41.

No piso térreo, de pé direito duplo, a projeção da torre se amplia para abrigar um restaurante, que por sua vez se abre ao centro da quadra, um jardim abaixo do nível da rua. Aproveitando este desnível, parte do programa se desenvolveu sob a via pública.

Um pórtico monumental marca a entrada ao complexo. Talvez um pouco avantajada, esta marquise não deixa dúvidas de onde se está e comunica visualmente o hall da torre com a Ópera, logo em frente.

O pavimento-tipo é constituído de um anel de salas, com 5,85m de largura, dentro do qual o corredor circular envolve os espaços de apoio como salas de reuniões, sanitários, lojas e outros.

Culturalmente, os alemães preferem salas individuais fechadas, o que implica em corredores iluminados artificialmente, tornando-os anônimos e sem referências devido à planta circular. Muito mais agradável teria sido se pelo menos algumas das salas tivessem fechamentos transparentes, permitindo a incidência de luz natural e a diferenciação dos espaços, facilitando a orientação dos usuários.

A padronização seguida ao longo do edifício é quebrada nos últimos 6 pavimentos, destinados à diretoria. Aqui, mudanças na planta criaram a ligação de pequenas áreas de espera com corredores. A parte central dos pavimentos, é ali ocupada principalmente por escadas vazadas, ligando os diversos pavimentos e tornando todo este espaço menos claustrofóbico.

Entretanto, o edifício é muito mais que tudo isso, pois questiona as torres como espaços destinados a escritórios tradicionais e, sem dúvida, a qualidade das salas individuais é impressionante. Com sua forma em cunha, as salas perimetrais enfatizam a estonteante relação entre o céu e a cidade, proporcionada pela caixilharia piso-teto.

O elemento primordial do projeto é a complexa pele que forma o fechamento externo. Conceitualmente, o sistema de ventilação natural aqui empregado é muito similar ao de outras "torres ecológicas". Constitui-se de uma primeira pele interior de vidro e uma segunda também de vidro, a 50 cm da primeira. Esta última protege a outra das intempéries e permite trocas de ar com o meio externo por meio de ranhuras horizontais. Este dispositivo, em forma de boca de peixe, permite a entrada de ar, direcionando-o para o interior da cavidade. O ar quente sobe por convecção até o topo da cavidade, por onde sai através da boca de peixe.

O vidro interno corre 15 cm manualmente, de modo a permitir o contato com o ar externo, mesmo nas salas mais altas, sem sofrer com a ventania, semelhantemente ao edifício em Frankfurt. Para efetuar a limpeza, o pessoal responsável é habilitado a abrir as janelas completamente.

Figura XIII.14 - Ed. RWE, sala do conselho, último pavimento.

Fonte: ARCHITECTURAL REVIEW, jul. 1997, p. 45.

Quando a velocidade do vento é demasiado alta, um alarme sonoro avisa os ocupantes a fecharem as janelas.

O controle de insolação e claridade é feito por persianas de alumínio dentro da cavidade, acionadas por controles próximos às portas e por persianas comuns por dentro das salas propriamente.

Quando as janelas são fechadas a circulação de ar é feita por meio de dutos e insufladores nos corredores. O aquecimento provem de radiadores perimetrais no piso e há previsão para sistema de refrigeração pelo forro, apesar dos arquitetos acreditarem que não deverá ser necessário.

Nos pavimentos 19 e 20 situam-se todos os equipamentos responsáveis pelo ar interno e água fria e quente. Estes pavimentos criam uma faixa opaca ao redor do edifício, bem como as caixas de escadas de emergência, contrapondo-se à pura transparência do volume.

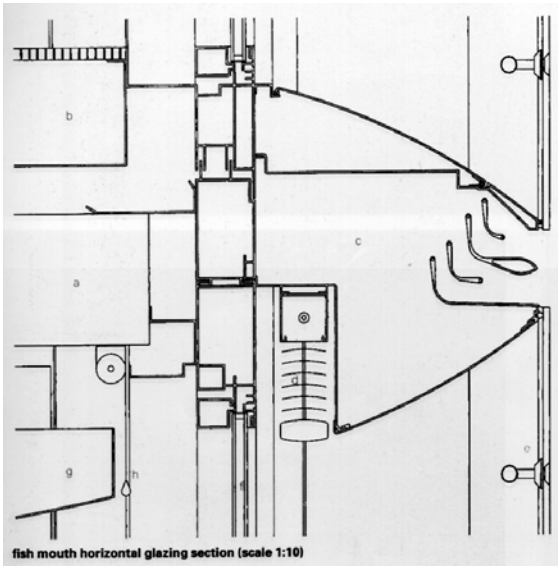


Figura XIII.15 - Ed. RWE, corte boca de peixe.

Fonte: ARCHITECTURAL REVIEW, jul. 1997, p. 43.

O resultado geral impressiona e o edifício mostra-se uma grande conquista construtiva. Se realmente ele funciona e responde como esperado deverá ser divulgado em breve, já que todas as suas condições climáticas vem sendo cuidadosamente monitoradas.

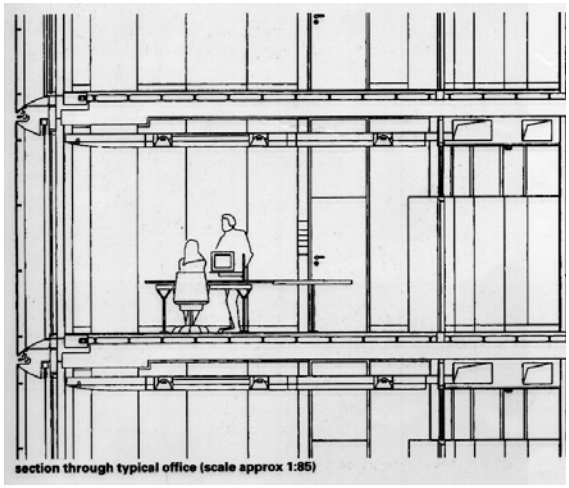


Figura XIII.16 - Ed. RWE, corte em pavimento-tipo.

Fonte: ARCHITECTURAL REVIEW, jul. 1997, p. 43.

XIII . c. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Columna de Aire. Arquitectura Viva. Madrid, nº. 57, nov-dez. 1997, p.36-41.

Delicate Essen. The Architectural Review. London, ABC Business Press, jul. 1997, p. 40-45.

GONÇALVES, Joana Carla Soares. The Environmental Impact of Tall Buildings in Urban Centres. London, Dissertação de mestrado, Architecture Association Graduate School, 1997.

High Expectations. The Architectural Review. London, ABC Business Press, jul. 1997, p. 26-39.

Un Gigante Verde. Arquitectura Viva. Madrid, nº. 57, nov-dez. 1997, p.28-33.

XIV UMA QUESTÃO DE OPÇÃO: O PAPEL DOS AGENTES SOCIAIS

O setor da construção civil tem duas facetas diferentes no que diz respeito aos objetivos do desenvolvimento sustentável. Por um lado, a construção leva ao desenvolvimento, expansão, melhoria e preservação dos assentamentos humanos. Por possuir fortes vínculos com outros setores, a construção aumenta a produção industrial, os índices de emprego, os ganhos monetários e portanto os investimentos, favorecendo o desenvolvimento e o crescimento econômico. Mas por outro lado, a construção pode favorecer a degradação ambiental, já que depende de fontes de matéria prima, muitas destas não renováveis e disponíveis em quantidade limitada. A degradação ambiental provocada pela construção civil é causada tanto por modificações e alterações físicas do meio, como por poluição química, resultante dos processos de produção.

> *The rapid increase in the volume and complexity of construction, since the early 1950's, and the resource-demanding nature of modern technology have imposed severe stress on the biosphere, through depletion of the natural-resource base, degradation of fragile eco-zones and increases in chemical pollution, underscoring the urgent need for improving construction practices through appropriate policy initiatives and related measures*. (UNCHS, 1993, p. 1)

A "Agenda 21", adotada pelas Nações Unidas na Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento ressalta a relação direta entre desenvolvimento sustentável de assentamentos humanos e atividades sustentáveis da indústria da construção, de modo que foi criado uma nova sub-área de programa denominada "Promoting Sustainable Construction Industry Activities" a ser incorporada nas recomendações do programa de "Promoting Sustainable Human Settlements Development" (ver Anexo 6).

O requisito fundamental para o desenvolvimento sustentável, segundo UNCHS (1993, p. 2) é que "*the harmful side-effects of the development process, particularly of construction activities, must not exceed or overload the assimilative capacity of the biosphere, so that the process of development can be sustained*".

O UNCHS (1993, p. 5) indica algumas medidas a serem tomadas pelo setor da construção civil, no sentido de modificar o panorama atual, e reduzir substancialmente os danos ambientais decorrentes das práticas deste setor. São elas:

- ◊ planejamento cuidadoso do uso do solo, tanto ao locar novos empreendimentos quanto à extração de matéria prima, de modo a evitar conflitos de uso do solo;
- ◊ modificações quanto ao uso de madeiras e outros recursos florestais, de modo a torná-lo uma prática mais sustentável;
- ◊ direcionar o setor, ao uso mais intenso de rejeitos industriais, vegetais e resíduos da construção nos materiais de construção;
- ◊ melhorar a eficiência do ciclo de vida energético total dos edifícios;
- ◊ aumentar o controle das conseqüências da poluição causada por atividades da construção, principalmente a poluição atmosférica, mas também das águas;
- ◊ encontrar substitutos para as fontes não renováveis de energia e matérias-primas, cujas reservas forem limitadas; e

◊ construir para um ciclo de vida mais longo e eventual reciclagem.

Diversos agentes estão envolvidos e são responsáveis pelos novos rumos que o setor da construção civil possa tomar no sentido de se tornar uma prática cada vez mais sustentável. São eles: projetistas (designers, arquitetos e engenheiros), construtores e empreiteiros, produtores de materiais de construção, governo e entidades internacionais.

Aos projetistas cabe, entre outras responsabilidades, "resolver" (no sentido de "encontrar soluções para") a finalidade de utilização dos edifícios, definir as dimensões e a localização do que é construído, bem como especificar os materiais e equipamentos a serem empregados e atender às normas de desempenho exigidas para um determinado uso do edifício. Freqüentemente, a eles cabe definir o fornecedor dos materiais e em conseqüência suas fontes de matéria prima. Portanto, os projetistas são, em última instância, responsáveis pela energia embutida nos edifícios e necessária para operá-los.

O design dos componentes de construção e o projeto dos edifícios podem contribuir sobremaneira para a redução da energia embutida nos edifícios. As estratégias apontadas por UNCHS (1993, p. 25) são (tradução livre da autora):

◊ o uso de menos materiais, especialmente aqueles de alta energia, nos edifícios, buscando maneiras de reduzir a espessura de paredes, acabamentos, e pé direito, onde estes fatores não comprometam outros aspectos do desempenho do edifício;

◊ optar por materiais de baixa energia onde estes forem disponíveis, como por exemplo: o uso de madeira ao invés de aço ou concreto para vigas e treliças, uso de argamassa de cal ao invés de argamassa de cimento, uso de terra e tijolos de terra estabilizada ao invés de tijolos queimados, uso de blocos de concreto celular ao invés de blocos/painéis densos de concreto;

◊ optar por sistemas estruturais de baixa energia, como alvenaria auto-portante, em lugar de concreto armado ou estrutura metálica;

◊ projetar edifícios de baixa altura ao invés de edifícios de grande altura, onde as possibilidades permitam;

◊ optar, onde possível, por materiais de descarte ou reciclados, ou materiais que incorporem qualquer destes, como por exemplo, cimento aditivado com escória de alto-forno, mantas de impermeabilização asfáltica que incorporam papel reciclado, e materiais de demolição;

◊ projetar edifícios com longa durabilidade, porém facilmente adaptáveis a novas necessidades e requerimentos;

◊ projetar edifícios levando em conta a reciclagem de seus materiais, utilizando, por exemplo, argamassas "moles", de modo a facilitar o reaproveitamento de tijolos e evitar onde possível o uso de concreto armado;

◊ especificar materiais que possam ser encontrados em locais próximos à obra e que tenham baixo custo de transporte.

Os construtores e empreiteiros devem atender às especificações do projeto, mas são responsáveis pela escolha dos materiais, principalmente agregados e madeiras. Podem, portanto, contribuir para a redução da perda das florestas e matas, selecionando materiais originários de florestas com manejo sustentável e podem optar pela utilização de materiais reciclados. Podem também melhorar o consumo energético do canteiro de obras, reduzir os desperdícios e reciclar os materiais de demolição. Devem atentar para o despejo de resíduos da construção não reutilizáveis, além de diminuir a emissão de poeira e gases gerados em obra.

O UNCHS (1993, p. 24) aponta algumas medidas para redução do consumo de energia, na fase de construção do edifício, ou seja, quando este é erguido (tradução livre da autora). A energia aqui é gasta principalmente em equipamento mecânico para transportar, nivelar, escavar, erguer, compactar e misturar.

- ◊ Realizar auditorias de consumo energético em canteiros de obra típicos, identificando o uso de energia e possíveis formas de economia, alertando o pessoal de obra sobre as implicações energéticas das atividades de obra e introduzindo incentivos para a economia.
- ◊ Avaliar a eficiência energética de todos os equipamentos usados em obra, substituindo maquinário ineficiente, eliminando a utilização de maquinário desnecessário, assegurando que todo equipamento receba manutenção adequada (baixa manutenção pode levar a aumentos de consumo em até 15-20%) e, por fim, considerando a possibilidade de determinados equipamentos serem substituídos por trabalho manual.
- ◊ Avaliar a eficiência energética dos edifícios de apoio (canteiro) utilizados durante o processo de construção e onde possível fazer melhorias.
- ◊ Avaliar o transporte de material, até a obra e dentro dela, com vistas a redução dos percursos e número de viagens, e utilizando os meios de transporte mais energeticamente eficientes, indicando onde possível fornecedores locais para suprimento de materiais.
- ◊ Avaliar a energia embutida em serviços temporários e substituir materiais de alta energia por outros de baixa energia para os trabalhos temporários, como por exemplo, fôrmas de madeira ao invés de aço.
- ◊ Apontar oportunidades para redução de desperdícios de materiais, como concreto excessivo em fundações, cimento excessivo em argamassas e reduzir o consumo de materiais pela supervisão dos trabalhos e correto controle de qualidade.
- ◊ Separar todos os resíduos gerados de modo a facilitar a reciclagem.

A indústria de materiais de construção é o principal responsável pelos danos ambientais que são causados pelo setor da construção civil. Segundo o UNCHS (1993, p. 7) os materiais são responsáveis por mais da metade dos custos de construção e uma proporção consideravelmente maior do consumo de energia, respondem também por grande parte da poluição causada pelo setor da construção.

As estratégias colocadas por UNCHS (1993, p. 22) para economia de energia no processo de fabricação dos materiais de construção são (tradução livre da autora):

- ◊ o estudo cuidadoso dos processos de caldeiras/fornos, apontando métodos energeticamente mais eficientes e fazendo as devidas substituições e melhorias, além de melhorar a manutenção das plantas de produção;
- ◊ avaliar as possibilidades de se utilizarem combustíveis mais baratos e disponíveis nos processos a quente (fornos e caldeiras), como resíduos agrícolas para queima de tijolos, lixo municipal para a produção de cimento, uso de energia solar para processamentos de baixa temperatura como secagem de madeira ou aquecimento de água;
- ◊ utilização de materiais reciclados nos processos de produção como ferro velho e vidro;
- ◊ utilização de aditivos de baixa energia, como materiais pozolânicos ou escória de alto-forno na produção de cimento;
- ◊ modificar a mistura de materiais, de modo a obter uma alta proporção de materiais de baixa energia, como blocos furados ao invés de blocos maciços;

◊ redução da energia de transporte pela adequada localização das plantas e produção em pequena escala.

Cabe aos produtores reduzir a degradação das florestas, a utilização de minas e jazidas, maximizando as oportunidades para emprego de materiais de segunda mão e de resíduos nos processos de fabricação. Adotar estas estratégias implica em maiores controles no processo de construção e maior interação entre as partes, certamente isto acarretará em custos adicionais. Devido a estas implicações, o governo exerce um papel importante no sentido de regulamentar e incentivar a implementação de tais estratégias.

Ao governo cabe criar mecanismos regulatórios e incentivos para a adoção de tais medidas e estratégias. O governo dispõe de três instrumentos, para favorecer tais práticas: regulamentação e controle; incentivos econômicos; formação de atitude e conscientização, pelo treinamento, educação e informação da população.

Dentre as medidas de regulamentação e controle, estão os Planos Diretores e as Leis de Uso e Ocupação do Solo, que limitam e direcionam o crescimento e a forma de ocupação urbana. Os Códigos de Edificações devem limitar o consumo de energia e a emissão de poluentes exercida pelos edifícios e sua construção. O governo ainda determina as formas de exploração dos recursos naturais e a operação de plantas industriais, avaliando os impactos ambientais causados por tais atividades e exigindo medidas mitigadoras para reverter os danos, por meio de EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental/ Relatório de Impacto ao Meio Ambiente).

Os incentivos econômicos ou de mercado tem por base a definição de um preço pela utilização dos recursos ambientais. O seu principal objetivo é aumentar o preço dos bens cujo consumo degrada o meio ambiente, equivalente ao custo ambiental envolvido. Outra forma de incentivo é o subsídio a produtores ou consumidores de produtos ambientalmente corretos. Alguns instrumentos na forma de impostos, de modo a reduzir o impacto da indústria da construção no meio ambiente, são: a taxação pelo descarte de materiais de construção passíveis de reciclagem (p. ex. "entulho"); pagamento de *royalties* pela extração de madeira de florestas naturais; impostos sobre o poluente; impostos sobre produtos de alto consumo energético, de matéria prima não renovável ou poluente (p. ex. madeiras de lei, produtos que utilizam gases de CFC).

O governo pode ainda dispor do acesso à mídia, programas de educação ambiental, e patrocínio de entidades de pesquisa ou não, para disseminar a informação e a formação de novos hábitos. "*An aware and concerned public is likely to be more responsive to economic and regulatory measures to protect the environment, and in many instances may act in advance of such measures*" (UNCHS, 1993, p. 11).

Algumas destas atividades são: pesquisa e divulgação de resultados; estimular a ação voluntária ao invés da imposição legal; educação e treinamento; criação de normas e especificações; criação de um sistema de rotulagem ambiental; construção de projetos inovadores para demonstração de práticas ambientalmente corretas, já que de modo geral o governo é um cliente de grandes projetos de edifícios e obras civis.

No plano internacional algumas medidas podem favorecer o desenvolvimento sustentável da indústria da construção, como por exemplo, a formulação e implementação de protocolos internacionais para proteção ambiental; a transferência de novas tecnologias; e o auxílio

econômico por meio de fundos para a proteção ambiental.

XIV . a. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

UNCHS - United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). *Promoting Sustainable Construction Industry Activities*. (Issue Paper II) In: First Consultation on the Construction Industry. Tunis, 3-7 maio 1993. Documento não publicado, distribuição limitada.

XV POR UMA ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

É preciso reconhecer que existe uma lacuna formada entre a tecnologia e o projeto de arquitetura. São poucos os projetos que incluem no seu processo, a realidade tecnológica de nosso país; esta não é uma prática normal, mas precisa ser adotada. Quando ela é incorporada, porém, ela é embutida na forma de consultorias e acompanhamentos, que possivelmente perdem parte da noção do todo. Então, é preciso que esta seja resgatada pelo arquiteto, responsável pela coordenação dos projetos.

A tecnologia parece existir de alguma forma nas fábricas, mas raramente nos canteiros. Semelhantemente, os conceitos de qualidade, *just in time* e especialização apenas começaram a ser introduzidos no setor da construção. São poucos os exemplos de edifícios construídos nessas bases e pouquíssimas as construtoras que adotam essas práticas no Brasil.

Urge que esses conceitos sejam adotados na construção civil, para que se possam reduzir os desperdícios, melhor aproveitar a mão-de-obra, acelerando os processos, e produzindo edifícios de boa qualidade, para atender às expectativas e necessidades dos usuários.

Ainda que com algumas décadas de atraso, é alentador ver que o Brasil está aberto e disposto a receber novas tecnologias. Entretanto, é necessário que se atente às implicações ambientais e energéticas que as novas tecnologias, vindas do exterior, acarretam. Não seria justo que o Brasil, além de pagar e receber tecnologia com atraso, tenha que arcar com quaisquer efeitos colaterais que tais tecnologias possam causar e que os países ricos já desativaram, como é o caso dos painéis de ACM.

A idéia de se adotarem normas e a coordenação modular auxilia tremendamente o processo de construção, permitindo que os componentes de um edifício sejam intercambiáveis e facilmente repostos. Este conceito também permite a diferenciação tardia do produto edifício, favorecendo o desejo individual de se ter algo personalizado e de algum modo único.

Os componentes de vedação apresentados neste trabalho mostram a distância que ainda existe entre eles, e quão urgente se faz a criação de um sistema de coordenação modular e padronização, que possa facilitar o trabalho das diferentes partes no processo construtivo. Tanto na fase de construção e utilização dos edifícios, como na fase de desmontagem destes, de modo a permitir a reciclagem.

De todos os componentes expostos, os blocos e tijolos são os que apresentam maior grau de normalização, ainda que seja muito grande a sua diversidade. Os fabricantes de esquadrias mostram-se preocupados com a questão, e estão em vias de criar normas de dimensionamento de padrões dentro da coordenação modular (“standardization” ou normatização).

É preciso que as normas criem sistemas abertos de construção, de modo que os componentes possam ser intercambiáveis, facilitando a execução e diminuindo desperdícios. Atualmente, estes sistemas são fechados, pois só são intercambiáveis entre si, já que cada material e cada fabricante adota o seu próprio padrão de modulação.Entra aqui também o conceito de economia e conservação de energia. Frente a conjuntura global, o arquiteto, como especificador e projetista do espaço construído, tem obrigação ética e profissional de considerar os aspectos energéticos,

projetando edifícios a favor do meio ambiente e dele tirando o melhor proveito, sem agredi-lo. É preciso avaliar o edifício como um todo, ser funcional e "vivo", e também em suas partes, analisando a influência que cada componente tem no todo e nos seus ocupantes. É preciso entender o edifício como ser "vivo", que nasce quando a matéria prima é extraída e o projeto é iniciado, que é transformado quando é reciclado ou reformado, e que "morre" quando deve ser demolido. Este momento deve ser entendido como o fechamento de um ciclo e não como o fim de um processo linear, de modo que sua matéria, assim como ocorre na natureza, possa novamente ser matéria prima para uma nova forma de "vida".

Logo vê-se que a tarefa de especificar os materiais de construção e os componentes não é uma questão vinculada apenas a fatores estéticos, funcionais, mercadológicos e financeiros, mas hoje engloba uma gama muito maior de aspectos que passam pela salubridade dos espaços, pela vida útil dos materiais, pela demanda energética, pela conservação ambiental e pela contenção das "abundâncias" consumistas, além do cuidado com os desperdícios.

Aparentemente, estes itens não estão sendo colocados nos edifícios de escritórios da cidade de São Paulo. Diferentemente dos projetos descritos no tópico Edifícios Ambientalmente Conscientes, do capítulo IV, bem como no capítulo XIII, Edifícios de Escritórios no Exterior, os edifícios de São Paulo, parecem apenas se preocuparem com a tecnologia para criarem edifícios "inteligentes", que, vale dizer, de "inteligentes" tem muito pouco. Em toda a bibliografia coletada e consultada, sobre os edifícios de escritórios de São Paulo, não são mencionadas a questão da vida-útil dos materiais, de sua reciclagem/reaproveitamento, muito menos de se ter feito uma escolha de materiais com preocupações ambientais ou energéticas. O máximo que se coloca é quanto á orientação solar, buscando tirar proveito da iluminação natural e proteger as fachadas dos excessos de radiação, evitando onerar o uso do ar condicionado.

É possível ver que os edifícios de escritórios de grande altura da cidade de São Paulo seguem um padrão ou modelo de vedos externos que varia muito pouco. Isto lhes confere uma linguagem em comum, que permite que sejam reconhecidos à distância e que traduz a sua função: abrigar escritórios empresariais. Dificilmente, um edifício hoteleiro ou residencial seria confundido com um destes edifícios de escritórios.

Colocando esta discussão em âmbitos globais, é possível reconhecer que estes edifícios encontram exemplares similares em diversas partes do mundo, o que significa que os edifícios de São Paulo poderiam muito bem estar situados em Singapura, Cidade do Cabo ou Nova York, pois utilizam os mesmos materiais e a mesma linguagem. Esta arquitetura abriga empresas que ultrapassam as fronteiras nacionais, e já não pertencem mais a um país ou pessoa e sim a grupos financeiros, muitas vezes compostos pela fusão de grupos "inter-nacionais".

Por um lado, esta arquitetura global cria uma identidade visual que permite aos usuários e ao público manter um vínculo visual, sensorial e espacial que os reporta a padrões primários criados em suas cidades de origem, devolvendo-lhes um sentido de "estar em casa". Entretanto, esta arquitetura pouco considera os fatores regionais e culturais, o que pode levar as cidades a uma perda de identidade, bem como aos seus cidadãos. Um sentimento de ser cidadão do mundo, mas cidadão de lugar nenhum.

Esta arquitetura global tão tecnológica, inteligente e racionalizada tem, entretanto, muito pouco de sustentável, econômica e conservacionista. Os

vedos, pela sua grande área de recobrimento nas edificações, tem uma participação muito grande no custo final, mas que infelizmente se preocupa apenas com o desempenho de estanqueidade, durabilidade, estética e, quanto muito, o isolamento termo-acústico. Em raríssimas situações vê-se uma preocupação com o consumo energético que estes materiais representam, muito menos com os danos ambientais que sua utilização provoca.

É sabido que hoje a arquitetura que se constrói não tem a intenção de ser eterna. Diferentemente das pirâmides egípcias, dos castelos medievais ou das catedrais góticas, a arquitetura contemporânea deve ser mutante e adaptável, pronta a responder a novas necessidades tecnológicas e novas formas de organização da sociedade. Isto significa que atualmente, em média, espera-se utilizar um edifício por cerca de 20 anos, talvez menos. Após este período, ele necessitará ser transformado, quer seja demolido/desmontado ou reciclado/readequado.

Que fim deveria então ser dado, por exemplo, a milhares de metros quadrados de alumínio de revestimento, quando se chegar a conclusão que o seu brilho teria desfalecido com a poluição das megalópoles, e que se mostraria um material ultrapassado, que não mais transmitiria a sofisticação, agilidade e valor das empresas que abriga? Se não puderem ser reciclados, os painéis de alumínio terminarão em aterros e lixões; literalmente, uma enorme quantidade de energia será enterrada, sem que jamais possa ser reutilizada. É triste ver que ninguém assume a responsabilidade de ações futuras como esta, por que o que importa é o hoje, e o amanhã é desafio para a tecnologia e as futuras gerações.

Também pouco difundida no Brasil, a prática da reciclagem dos resíduos precisa ser implantada a nível municipal e privado, seja na forma de usinas de moagem do "entulho" e fábricas de componentes, seja na forma de equipamentos itinerantes e obrigatórios nos canteiros, para reutilização dos resíduos. É alarmante que esta não seja uma prática comum, já que mais de 90% dos resíduos da construção civil podem ser reutilizados na indústria da construção civil, para produção de argamassas ou componentes de construção. Outro aspecto positivo é que a utilização desses rejeitos contribui na melhoria do meio-ambiente e reduz os gastos públicos para gerenciá-los.

Entretanto, é preciso que o processo de reciclagem seja considerado numa escala abrangente, juntamente com políticas de ação local e não simplesmente provendo usinas de reciclagem. Pois, os principais adversários à reciclagem de resíduos da construção são decorrentes, da falta de políticas sistemáticas e da dificuldade de mudar os hábitos das pessoas envolvidas na construção civil.

Outro ponto a destacar é com relação à Ciência dos Materiais e ao conhecimento dos materiais de modo geral. O ensino da arquitetura raramente entra nestas questões e pouco utiliza estes conhecimentos. Sem dúvida, muitos problemas da construção poderiam ser evitados se os profissionais conhecessem com mais profundidade os materiais que traduzem projetos em edifícios, pois conhecendo o seu comportamento e a sua compatibilidade é possível criar edifícios mais seguros e sadios, que atendam às exigências e necessidades de seus clientes e usuários. Ainda, estes conhecimentos permitem saber a origem de tais materiais, a forma como são processados e a capacidade de serem reciclados, reutilizados ou biodegradados, permitindo aos arquitetos fazer escolhas planetariamente saudáveis e corretas, criando uma "arquitetura sustentável".

Frente à conjuntura energética e ambiental global em que nos encontramos, é fundamental que os

princípios aqui colocados sejam incorporados tanto na prática profissional, quanto no ensino da arquitetura. É tempo de produzir uma arquitetura diferenciada, que atente para a proteção do meio ambiente e de nossos recursos, seja pela adequada especificação dos materiais, seja pelo desenho correto das edificações.

As resoluções da Agenda 21, bem como as recomendações das Nações Unidas, necessitam ser divulgadas e implementadas, para que passem da utopia para a realidade. Atualmente, essas informações estão ao alcance de pesquisadores e curiosos, enquanto deveriam ser de conhecimento obrigatório de qualquer profissional do setor da construção.

Os diversos estudos aqui apresentados permitem compreender que a questão da energia na arquitetura não é tanto de quais materiais utilizar, mas de como, onde e por quanto tempo. Há espaço para todos os materiais, desde que sejam compreendidos o seu comportamento e sua forma de produção, para que se saiba tirar o melhor partido, empregando-o adequadamente. Por exemplo, o alumínio que é altamente energético, possibilita a reciclagem com um consumo inferior a produção do aço e do ferro.

A biodiversidade na arquitetura deve ser adotada, para que não se caia no engano da discriminação e do preconceito dos materiais, pois tudo no mundo tem seus efeitos colaterais, a questão então é como diminui-los.

Uma visão holística da questão permite então fazer um balanço de quanta energia (embutida no material) é necessária para diminuir o consumo de energia durante a utilização do edifício, qual a vida útil de tal material, quais as possibilidades de reutilização/reciclagem, qual o seu desempenho físico, quais danos causa ao meio ambiente; sem dúvida, as compensações se fazem necessárias.

De modo que os princípios da Arquitetura Sustentável, permitem se chegar ao equilíbrio energético na produção dos materiais de construção e na utilização dos edifícios, respeitando o meio ambiente que nos suporta.

Infelizmente, no Brasil, os estudos ainda são escassos nesta área, o que dizer então, de exemplos de arquitetura; faltam edifícios onde estes conceitos tenham sido aplicados. Talvez isto se deva por desconhecimento dos profissionais, talvez por ignorância dos usuários e clientes da arquitetura. É preciso que as responsabilidades dos agentes sociais, governo, fabricantes, construtores e projetistas, se façam conhecidas e passem a ser cobradas pelos cidadãos. Este é um tema que diz respeito não somente ao setor da construção civil, mas a todo e qualquer habitante do planeta.

De modo a fornecer parâmetros e subsídios para tal prática é necessário que se crie um banco de dados com as características dos componentes e materiais de construção, que contenham o seu desempenho físico, seu custo energético, seu custo ambiental, sua vida útil, a responsabilidade de reciclagem (quem o faz? Sim, porque a tecnologia existe, mas na prática, quem recicla o que é retirado de uma demolição?). Avaliações de Pós Ocupação são instrumento fundamental para tais bancos de dados, pois fornecem informações do desempenho de tais edificações e dados para se chegar ao balanço energético produção-utilização.

Assim como são feitas tabelas orçamentárias dos custos financeiros de edifícios, tais dados poderiam servir para criar tabelas orçamentárias de custos energéticos. Cliente e arquiteto teriam então uma perfeita noção das implicações ao meio ambiente decorrentes de tal edifício, permitindo revisar as especificações e as soluções de desenho arquitetônico.

XVI BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

A Bibliografia Consultada, relacionada a seguir, engloba as Referências Bibliográficas de todos os capítulos, além de outras obras consultadas pela autora, mas que não constam das referências e que entretanto, foram importantes para a pesquisa.

I ENCONTRO DE SEMINÁRIOS TEMÁTICOS DA PESQUISA DA PÓS-GRADUAÇÃO FAU-USP. Anais. São Paulo, out. 1996.

I SEMINÁRIO DE HABITAÇÃO POPULAR, GRÊMIO POLITÉCNICO - Escritório Piloto, Poli Civil -USP, 2 a 5 de junho de 1997.

II ENCONTRO TECNOLOGIA DE SISTEMAS PLÁSTICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. 1997, São Paulo. Anais. São Paulo, Poli-Civil, 1997.

A Próxima Geração de Edifícios Inteligentes no Brasil. Projeto Design, São Paulo, Arco Editorial, nº 204, jan. 1997, p. 14.

A Qualidade Premiada da Alcoa Poços de Caldas. Finestra, São Paulo, Ed. Archimídia, nº 8, jan./mar. 1997, p. 48.

A.A.E .- Agência para Aplicação de Energia. Boletim Informação. São Paulo, 1995-

A.A.E. - Agência para Aplicação de Energia. Uso Racional de Energia em Edificações - Isolamento Térmico. /s.n.t./.

AAE – Agência para Aplicação de Energia. Auto-Avaliação dos Pontos de Desperdício de Energia Elétrica na Indústria. São Paulo, CESP/CPFL/ ELETROPAULO/ COMGÁS, 1986.

AAE – Agência para Aplicação de Energia. Auto-Avaliação dos Pontos de Desperdício de Energia Elétrica nos Setores Comercial e de Serviços. São Paulo, CESP/CPFL/ELETROPAULO/COMGÁS, 1988.

AAE – Agência para Aplicação de Energia. Economia de Energia Elétrica na Indústria – Usos Clássicos. São Paulo, CESP/ CPFL/ ELETROPAULO/ COMGÁS, 1986.

ABCI - Associação Brasileira da Construção Industrializada. Manual Técnico de Caixilhos / Janelas: Aço, Alumínio, Vidro, PVC.

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. Guia Básico De Utilização Do Cimento Portland, Bt-106. São Paulo, 1994.

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. *Industria de Cimento: Fabricação, Co-Processamento e Meio Ambiente*. Anais. Rio de Janeiro, 1995.

Abertura dos Portos: a Colaboração com Escritórios Internacionais se Efetiva em Grandes Projetos. Projeto Design, São Paulo, Arco Editorial, nº 205, fev. 1997, p. 46 - 53.

ABIPLAST, 1997 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO, Perfil da Indústria do Plástico no Brasil, 1997.

ACETOZE, A. L. Manual Trikem de Produtos de PVC utilizados na Construção Civil. Editora Pini. São Paulo, 1996.

AGOPYAN, Vahan, DEROLLE, Angelo. *Materiais de Construção Reforçados com Fibras: Uso do Papel-Imprensa*. In: IPT. Tecnologia de Edificações. São Paulo, Ed. Pini, 1988.

AGOPYAN, Vahan. *Conservação de Energia nos Materiais de Construção Civil*. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NAS EDIFICAÇÕES. São Paulo, 1989. Anais. São Paulo, EPUSP, 1989, p. 69-75.

AGOPYAN, Vahan. *Estudos dos Materiais de Construção Civil - Materiais Alternativos*. In: IPT. Tecnologia de Edificações. São Paulo: Pini, 1988.

AGOPYAN, Vahan. *Materiais Fibrosos na Construção Civil*. Revista Politécnica. São Paulo, vol. 89, nº 207, out/dez 1992, p. 36.

AGOPYAN, Vahan. *Reduction of Energy Consumption in Building Materials*. In: EUROPEAN SYMPOSIUM OF MANAGING, QUALITY AND ECONOMICS IN HOUSING ..., Lisboa, 1991. Anais. Lisboa, 1991.

AGOPYAN, Vahan. *Tijolo Feito de Lixo Vegetal*. Jornal do Brasil. Rio de Janeiro, 06-07-94.

AGOPYAN, Vahan. PCC-726, Princípios da Ciência dos Materiais Aplicados aos Materiais de Construção Civil. Notas de aula. Disciplina ministrada no Curso de Pós-Graduação da Poli-Civil, Universidade de São Paulo, mar/jun. 1997.

AGOPYAN, Vahan. *Reciclagem de Minas de Entulho*. Techne, São Paulo, mar/abr. 1995.

AGOPYAN, Vahan. *Tijolo Feito de Lixo Vegetal*. Jornal do Brasil, Rio de Janeiro, 14/11/91.

AIA - American Institute of Architects. Denver Chapter; Environmental Committee. The Sustainable Design Resource Guide. Denver, AIA, 1995.

AIA - American Institute of Architects. Building Materials. Listagem dos impactos ambientais e do consumo energético dos materiais de construção mais utilizados. (http://solstice.crest.org/ environment/gotwt/general/materials/index.html)

AIA - American Institute of Architects. Regional Guidelines for Buildings - Passive Energy Conserving Homes. AIA, 1980.

AIA - American Institute of Architects. Environmental Resource Guide. New York, John Wiley, 1996.

ALCAN. Wallcap Façade, Revestimento 100% Alumínio. Folheto informativo do fabricante. /s.n.t./.

ALEXANDRE, Carlos Alberto Inácio; PERRONE, Rafael Antonio Cunha. AUP-855, O Processo do Design. Notas de aula. Disciplina ministrada no Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, mar/jun. 1997.

ALMEIDA, E. B. et al. Mapa de Jazidas e Ocorrências Minerais do Estado de São Paulo. São Paulo, 1981. (rel. IPT 1171)

Alubond e SBF Se Associam. Finestra, São Paulo, Ed. Archimídia, nº 6, out./dez. 1996, p. 48.

ALUCCI, Maria Peinado. Conforto Térmico, Conforto Luminoso e Conservação de Energia Elétrica. Tese de doutorado. FAUUSP. São Paulo, 1993.

ALUCCI, Maria Peinado. Recomendações para Adequação de uma Edificação ao Clima, no Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado. FAUUSP. Sao Paulo, /s.n./, 1981.

AMARAL, Claudio Silveira. Escritório: o Espaço de Produção Administrativa em São Paulo. São Paulo, 1995. Dissertação de mestrado. FAUUSP.

ANDRADE, C. A. M. Energia no Mundo. Relatório Técnico. IEE. São Paulo : Centro de Excelência em Distribuição de Energia Elétrica, 1995.

ANDRADE, Cláudia Miranda de. *Análise dos Tipos de Uso de Espaços em Edifícios de Escritório: Alguns Aspectos Metodológicos e Resultados*. São Paulo. In: Compêndio dos trabalhos apresentados no evento NUTAU-96, Painel sobre Avaliação Pós-Ocupação, FAUUSP, 1996.

ARANTES, Otília B. F. O Lugar Da Arquitetura Depois Dos Modernos. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993.

ASSIS, Rosana Maria Caran de. Vidros e Conforto Ambiental: Indicativos para o Emprego na Construção Civil. São Carlos, 1996, Dissertação de mestrado, EESC-USP, 29-03-96.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto, Execução e Aplicações - Vidros na Construção Civil; procedimento; NBR 7199. Rio de Janeiro, 1988.

Atire a Primeira Pedra. Téchne. São Paulo: Pini, nº 22, mai./jun. 1996, p. 35-38.

BARROW, C. J. *Land degradation: an overview*. In: Barrow, C. J. (ed.), Land degradation: development and breakdown of terrestrial environments. University Press, Cambridge, 1994, p. 1-12.

Belmetal Reforça Estratégia de Mercado. Finestra, São Paulo, Ed. Archimídia, nº 6, out./dez. 1996, p. 46.

BENDING, R.; EDEN, R. UK Energy: Structure, Prospects and Policies. Cambridge University Press, 1984.

BITAR, Omar Yazbek et al. *Indicadores geológico-geotécnicos na recuperação de áreas degradadas em regiões urbanas*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7º. Poços de Caldas. Anais, 1993, vol 2, p. 177-183.

BITAR, Omar Yazbek. Avaliação da Recuperação de Áreas Degradadas por Mineração na Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo, 1997.

BLOKRET. Catálogo do fabricante.

BLUME, Hermann. La Casa Passiva - Clima e Desenvolvimento Energético. Madrid, Unigraf. S.A., 1984.

BÖHM, Peter M. Hundert Wasser Haus. AKV, Viena, 1995.

BOLEA, Maria Teresa Estevan. Evaluaciones de Impacto Ambiental. Madrid, CIFCA, 1977.

BRASTERRA Empreendimentos Imobiliários Ltda. Programa de Desenvolvimento Urbano da Zona de Interesse Público IP-8 (Antigo Sub-Setor 10.2), Município de Cubatão. Estudo de Impacto Ambiental (EIA), JGP Consultoria e Participação Ltda., São Paulo, 1996.

BRENNER, F. J. *Integration of wildlife habitat developments into surface mine reclamation*. In: R. Singhal et al. (org.) Environmental Issues and Management in Energy and Minerals Production. Balkena, Roterdam, 1992, p. 781-788.

BROWN, Geoff, et al. The Earth's Physical Resources, Block 2 - Constructional and Other Bulk Materials. The Open University. (trad. port. de Luiz Augusto Milani Martins. Os Recursos Físicos Da Terra- Bloco 2-materiais de construção e outras matérias primas brutas. Campinas: Editora da UNICAMP, 1995)

BRYDSON, J. A. Plastic Materials. Ed. Iliffe Brooks, London, 1982.

BUARQUE DE HOLANDA, Sérgio. Raízes do Brasil. Companhia das Letras, São Paulo, 1936.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. *Plastics for Building*. Overseas building notes, nº 175, Londres, agosto 1977.

BURBERRY, Peter. Ahorro De Energía. Madrid: Hermann Blume, 1978.

CAMARGO, Antonio. *Minas de Entulho*. Téchne, nº 15, Ed. Pini, São Paulo, mar/abr 1995.

CAMARINHA, Mário; BRAYNER, Sonia. Manual de Normas Técnicas de Editoração. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1995.

CARDOSO, Francisco Ferreira. *Novos Enfoques sobre a Gestão da Produção. Como Melhorar o Desempenho das Empresas de Construção Civil*. In: ENTAC 93 Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - Avanços em Tecnologia e Gestão da Produção de Edificações. 1993, São Paulo. Anais. v. 2. São Paulo, nov. 1993.

CAUDURO, João Carlos. Design & Ambiente. São Paulo: FAUUSP, 1992.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. CEMPRE Informa. São Paulo, 1996 -

CENTRAL BUILDING RESEARCH INSTITUTE. *Plastics and their applications in buildings*, Building digest. Índia, 197?.

CERÂMICA SELECTA. Catálogo do fabricante.

CESP - Companhia Energética de São Paulo. Anuário Estatístico de Energia Elétrica e Gás Canalizado - Estado de São Paulo, 1997. CESP, 1998.

CESP. A Energia que Impulsiona São Paulo. /s.l./Gráfica CESP, 1992.

CHAPMAN, P. F. *The Energy Costs of Materials*. Energy Policy, vol. 2, /s.l./s.n./, 1974.

CHAPMAN, P. F.; ROBERTS, F. Metal Resources and Energy. London, Butterworths, 1983.

CHICHIERCHIO, Luiz Carlos. Desempenho Térmico das Construções. São Paulo, 1981. Dissertação de mestrado. FAUUSP.

CINCOTTO, Maria Alba. *Utilização de Subprodutos e Resíduos na Indústria da Construção Civil*. In: IPT. Tecnologia de Edificações. São Paulo, Ed. Pini, 1988.

CIRIBINI, Giuseppe. *A Industrialização da Construção nos Países Desenvolvidos: O Caso da Itália*. In: Seminário Arquitetura e Industrialização. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 1978.

CIRIBINI, Giuseppe. *Exemplo de Técnicas Industrializadas: O Caso dos Países Desenvolvidos*. In: Seminário Arquitetura e Industrialização. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 1978.

Columna de Aire. Arquitectura Viva. Madrid, nº. 57, nov-dez. 1997, p.36-41.

COMISSÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA. Consulta no site da Internet http://www.cspe.sp.gov.br

COMPANHIA VIDRARIA SANTA MARINA. O Vidro na Arquitetura. Publicação técnica. 1992.

Concebido para ser um Marco na Cidade, o Birmann 21 foi Desenvolvido a Partir de Projeto Norte-Americano. Projeto Design, São Paulo, Arco Editorial, nº 205, fev. 1997, p. 54 - 61.

CORBIOLI, Nanci. *Do Caos à Solução*. Construção, São Paulo, Ed. Pini, nº 2505, fev. 1996.

CORCUERA, Daniela. As Relações no Processo de Design de Elementos de Construção Civil: os Painéis de Alumínio Composto (ACM - Aluminum Composite Material). Trabalho da disciplina AUP-855, O Processo do Design, ministrada no Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, mar/jun. 1997.

CORCUERA, Daniela. Bibliografia Geral para Dissertação de Mestrado. Trabalho Programado 4, programa de mestrado FAUUSP. São Paulo, 1998.

CORCUERA, Daniela. Edifícios de Escritórios na Cidade de São Paulo: Componentes para Sistemas de Vedação Externa. Trabalho Programado 2, programa de mestrado FAUUSP. São Paulo, 1998.

CORCUERA, Daniela. Edifícios de Escritórios na Cidade de São Paulo: Parâmetros Energéticos e Ambientais para Especificação de Componentes de Sistemas de Vedação Externa. Trabalho Programado 3, programa de mestrado FAUUSP. São Paulo, 1998.

CORCUERA, Daniela. Memorial para Exame de Qualificação. Edifícios de Escritórios na Cidade de São Paulo: Parâmetros Energéticos e Ambientais para Especificação de Componentes de Sistemas de Vedação Externa. Programa de mestrado FAUUSP. São Paulo, 1998.

CORCUERA, Daniela. Edifícios de Escritórios na Cidade de São Paulo: Tecnologia, Energia e Meio Ambiente. Trabalho Programado 1, programa de mestrado FAUUSP. São Paulo, 1998.

CORCUERA, Daniela; FLEURY DE OLIVEIRA, José Luiz. *Políticas para a Reciclagem de Resíduos da Construção Civil*. Cadernos Técnicos AUT, nº. 3. Departamento de Tecnologia da Arquitetura. FAUUSP. São Paulo, 1997.

CORNOLDI, Adriano et al. Hábitat y Energia, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1982.

CROSBIE, Michael J (org.). Green Architecture. Washington D. C.: The American Institute of Architects Press, 1994.

CUBATÃO, Prefeitura Municipal de. Plano Diretor - Lei nº 2.365, de 28 de junho de 1996, Cubatão, 1996.

CURTIS, William J. R. Modern Architecture Since 1900. London: Phaidon, 1982 (3a ed., 1996)

DAY BRASIL. Policarbonato; catálogo de produto.

DEL CARLO, Ualfrido, notas de aula sobre metodologias proferida na disciplina AUT- 801 Novas Metodologias de Pesquisa Tecnológica na Arquitetura, administrada no 1º semestre de 1996, FAU-USP.

DEL CARLO, Ualfrido. Acústica dos Escritórios Panorâmicos. São Paulo, 1972. Tese de doutorado. FAUUSP.

Delicate Essen. The Architectural Review. London, ABC Business Press, jul. 1997, p. 40-45.

Derrubando Decibéis. Téchne, São Paulo, Ed. Pini, nº 20, jan/fev 1996, p. 14.

DI MARCO, Anita. *O Vidro na Construção*. Obra: Planejamento e Construção, São Paulo, SindusConSP, nº 53, nov. 1993, p. 61-3.

DOAT, P. et al. Construire en Terre. CENTRE DE RECHERCHE ET D'APPLICATION - TERRE (Paris). Paris, Alternative, 1983.

DOE – Department of Energy, U.S.A. Consulta no site da Internet http://tonto.eia.doe.gov/mer

DONNE, Marcella delle. Teorias Sobre a Cidade. Martins Fontes Editora Ltda., São Paulo, 1979.

DUBOIS, J. C. L.. *Alternativas agroflorestais para a recuperação de solos degradados na Região Norte do Brasil*. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. Anais. Curitiba, 1992. p. 107-125.

DUBOST, Jean-Claude; GONTHIER, Jean-François (edit.). Architecture For The Future. Paris: Terrail, 1996.

ECO, Umberto. Como Se Faz Uma Tese. São Paulo: Perspectiva, 1977.

ELETROBRÁS – PROCEL. Eficiência Energética em Edificações: Estado da Arte. Rio de Janeiro, /s.n./, 1996.

ELKIND, R. Plásticos; Produção, características e utilização, NTT - Núcleo de Treinamento Tecnológico, 199?.

ENTAC 93 Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. *Avanços em Tecnologia e Gestão da Produção de Edificações*. 1993, São Paulo. Anais. São Paulo, nov. 1993.

ENTAC 95 – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. *Qualidade e Tecnologia na Habitação*. Rio de Janeiro. Anais, Rio de Janeiro, 1995.

EPUSP. CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NAS EDIFICAÇÕES. Anais. São Paulo, EPUSP, 14 a 16 de junho de 1989.

Especial UIA Barcelona 96. Projeto Design. São Paulo, Arco Editorial, nº 197, junho 1996.

Especificação de Vidros Planos. Finestra. São Paulo, Archimídia, nº. 10, Jul./Set. 1997, p. 114-115.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, URBAM - Urbanizadora Municipal. Entrevista com o diretor de operações, engenheiro Antônio Márcio de Moura Lindegger. São José dos Campos, out. 1996.

EUROWINDOW. Catálogo do fornecedor.

Evolução das Fachadas Cortina na Arquitetura Brasileira. Finestra. São Paulo: Archimídia, nº 11, out./dez. 1997, p. 108-111.

FARAH, Marta Ferreira Santos, KAUPATEZ, Ros Mari Zenha. *Pesquisa de Oferta de Materiais e Componentes de Construção*. In: IPT. Tecnologia de Edificações. São Paulo, Ed. Pini, 1988.

FAUUSP. Manual de Normas, Curso de Pós-Graduação FAUUSP. São Paulo: FAUUSP, 1996.

Feliz União Entre Projeto e Obra. Finestra, São Paulo, Ed. Archimídia, nº 6, out./dez. 1996, p. 36.

FERRAZ, Patrícia. *A Natureza à Mercê da Construção Civil.* Jornal da Tarde. São Paulo, 25-01-93.

FLEURY DE OLIVEIRA, José Luiz. Amazônia: Condicionantes da Ocupação e Assentamentos Urbanos. Dissertação de mestrado, FAU-USP, junho 1984.

FLEURY DE OLIVEIRA, José Luiz. Amazônia: Proposta para uma Ecoarquitetura. Tese de doutorado, FAU-USP, junho 1989.

FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. Desenho Ambiental: Instrumento Fundamental da Arquitetura e do Planejamento Territorial. Tese de doutorado FAU-USP, 1994.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de Conforto Térmico. São Paulo, Editora Nobel, 1988.

FUJIOKA, Paulo Yassuhide. Edifício Itália e a Arquitetura dos Edifícios de Escritórios em São Paulo. São Paulo, 1996. Dissertação de mestrado. FAUUSP.

FUPAM - FAUUSP e Prefeitura do Município de Cubatão. Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de Cubatão: Diretrizes para o Desenvolvimento Econômico Municipal e Proteção Ambiental - Relatório do II Seminário Público, Cubatão, /s.n./s.d./.

GHISI, Enedir. Desenvolvimento de uma Metodologia para Retrofit em Sistemas de Iluminação: Estudo de Caso na Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de mestrado. Florianópolis, UFSC, 1997.

GLOBALIZAÇÃO E ESTRUTURA URBANA, SEMINÁRIO INTERNACIONAL, FAUUSP, 09 e 10 de setembro de 1997.

GOLDEMBERG, José. Energy, Environment and Development. International Academy of the Environment. Geneva, Suíça, 1995.

GOLDEMBERG, José; JOHANSSON, Thomas B. Energy as an Instrument for Socio-Economic Development. United Nations Development Programme, E.U.A., 1995.

GOLDENBERG, José et al. Energy for a Sustainable World. New Delhi, Wiley Eastern Limited, 1988.

GONÇALVES, Joana Carla Soares. The Environmental Impact of Tall Buildings in Urban Centres. London, Dissertação de mestrado, Architecture Association Graduate School, 1997.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGIA. Boletim Conjuntura Energia. V.3 N 07. São Paulo, Julho 1998.

GROLIER ELECTRONIC PUBLISHING. The 1995 Grolier Multimedia Encyclopedia. Versão 7.05 (CD-Rom), 1995.

GUIDA NETO, Nicolau Antonio. Os Componentes Construtivos da Habitação: Vedação. São Paulo, 1984. Dissertação de mestrado. FAUUSP.

GUIMARÃES, Gonçalo Dias. Análise Energética na Construção de Habitações. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 1985.

GUTBERLET, Jutta. Cubatão: Desenvolvimento, Exclusão Social e Degradação Ambiental; tradução Kay-Uwe Gutberlet. São Paulo; Editora da Universidade de São Paulo, Fapesp, 1996.

HACHICH, Vera Fernandes. *Fechamentos de Fachadas e Coberturas - Esquadrias e Telhas*. In: II ENCONTRO TECNOLOGIA DE SISTEMAS PLÁSTICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. 1997, São Paulo. Anais. São Paulo, Poli-Civil, 1997, p. 134-179.

HALL, Peter. Cities Of Tomorrow. 1988 (trad. port. de Pérola de Carvalho, CIDADES DO AMANHÃ, São Paulo: Perspectiva, 1995).

HANNON, B.M., STEIN, R.G., SEGAL, B.Z., SERBER, D., STEIN, C. Energy Use for Building Construction - Final Report. Center for Advanced Computation, University of Illinois at Urbana-Champaign, dez. 1976.

HASELTINE, Barry Albert. *Comparison of Energy Requirements for Building Materials and Structures*. The Structural Engineer, vol. 153, n. 9, /s.l./s.n./, 1975, p. 357-365.

HASELTINE, Barry Albert. Energy to Build. Special Supplement to Science. Pergamon Press, Londres, 1975.

High Expectations. The Architectural Review. London, ABC Business Press, jul. 1997, p. 26-39.

HIRST, Eric et al. Energy Efficiency in Buildings-Progress and Promise. Washington D.C., American Council for an Energy-Efficient Economy, 1987.

I&T - Informações e Técnicas em Construção Civil. Entrevista do engenheiro José Antônio Ribeiro de Lima. São Paulo, nov. 1996.

I.A. - Idéias de Arquitetura. Publicação da Luxalon Produtos Arquitetônicos, divisão da Hunter Douglas do Brasil Ltda. /s.n.t./.

IBGE. Anuário Estatístico. 1992.

IKEDA, Saburo (coord.) Conservação de Energia na Indústria Cerâmica. São Paulo, IPT, 1980.

ILAM - INSTITUTO LATINO AMERICANO. Como Construir Paredes de Taipa. São Paulo: ILAM, 1994.

Inmecol Organiza Nova Estratégia de Mercado. Finestra, São Paulo, Ed. Archimídia, nº 8, jan./mar. 1997, p. 114.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Conservação de Energia na Indústria da Fundição - Manual de Recomendações. São Paulo, 1981.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Conservação de Energia na Indústria de Cimento - Manual de Recomendações. São Paulo, 1978.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Conservação de Energia na Indústria de Vidro - Manual de Recomendações. São Paulo, 1983.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Conservação de Energia na Indústria Metalúrgica - Manual de Recomendações. São Paulo, 1990.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Apoio Técnico à Avaliação de Estudos de Impacto Ambiental. Rel. IPT 29.919. São Paulo, 1992.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Avaliação Preliminar dos Problemas Causados Pela Mineração no Meio Ambiente, no Estado de São Paulo. Rel. IPT 14.685. São Paulo, 1980.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Desenvolvimento de Materiais de Construção Reforçados com Fibras Vegetais. Rel. IPT 24.988. São Paulo, 1987.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Desenvolvimento de Roteiro Metodológico e Levantamento de Técnicas Para Estudos de Impacto Ambiental de Atividades de Mineração no Estado de São Paulo. Rel. IPT 26.173. São Paulo, 1988.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Desenvolvimento em Escala de Laboratório de Fibras de Vidro Especiais, Utilizadas para Reforçar Cimentos Portland Comum, Produzidos a Partir de Matérias-Primas Naturais e/ou Rejeitos Industriais. Rel. IPT 28.518. São Paulo, 1990.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Estudos de Impacto Ambiental. Rel. IPT 26.295. São Paulo, 1988.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Oferta de Materiais de Construção. Relatório final. São Paulo, 1982.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Processo de Tratamento de Lama Vermelha Produzindo Agregados para Fins de Construção Civil. BR nº PI 8403218, 27/jun/84.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Processo de Tratamento de Lodo de Esgoto Produzindo Agregado para Fins de Construção Civil. BR nº PI 7506045, 19/set/75.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Sistematização de Dados Sobre Alterações e Impactos no Meio Físico Decorrentes de Atividades Modificadoras no Meio Ambiente. Rel. IPT 28.717. São Paulo, 1991.

IPT. Technology, Environment And Development. São Paulo: IPT, 1992.

ISO - International Organization for Standardization. Consulta no site da Internet http://www.iso.ch

JABARDO, José Maria S. Conforto Térmico. São Paulo: IPT, 1984.

JASTRZEBSKI, Z.D. The Nature and Properties of Engineering Materials. John Willey, 1977.

JOHN, V. M.; ANDRES, P.R. Plásticos aplicados na construção civil. Seminário apresentado à disciplina Princípios da Ciência dos Materiais Aplicados aos Materiais de Construção Civil, Prof. Vahan Agopyan, Escola Politécnica/USP, São Paulo, 1989.

KRONKA, Roberta C. *Consumo de Energia Embutido nos Materiais de Construção*. VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA. Anais. Vol II, 1996, p. 857-65.

LAMBERTS, Roberto; et al. Eficiência Energética em Edificações: Estado da Arte. ELETROBRÁS/ PROCEL. /s.l./s.n./, 1996.

LE GOFF, P. et al. *Energetic and Economic Optimization of Industrial Systems Compared*. In: Finite-Time Thermodynamics and Thermoeconomics. New York, 1990.

LEVY, Salomon Mony, HELENE, Paulo R.L. *Reciclagem de Entulhos na Construção Civil, A Solução Politicamente Correta.* In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. Anais. Goiânia, 1995, p. 315-25.

LIMA, Luiz Carlos Alves; DAVID, Ricardo da Silva. Eficiência Energética em Edifícios Públicos, Experiência na Bahia. Salvador, /s.n./, 1996.

LOFTNESS, Vivian; et al. Re-Valuing Buildings. Steelcase Inc., 1996.

LOPEZ, Oscar Hidalgo. Bambu. Su Cultivo y Aplicaciones en... Estudios Tecnicos Colombianos, /s.n.t./.

LOSCHIAVO DOS SANTOS, Maria Cecília. Arquitetura do desespero. Aspectos de design no Habitat Informal das Grandes Cidades. Palestra proferida na FAUUSP, 02/04/1997.

MACEDO Filho, Antonio. Edifícios Inteligentes e Arquitetura. Madrid, Universidade Politécnica de Madrid, 1996.

MACÊDO FILHO, Antonio; CASTRO NETO, Jayme Spinola. *Otimização Enegética em Edifícios de Escritórios através da Reabilitação Tecnológica*. In: NUTAU'98 - Arquitetura e Urbanismo: Tecnologias para o Século XXI. FAU-USP, de 8 a 11 de setembro de 1998. Anais. FAU-USP, 1998.

MACKENZIE, Dorothy. Design for the Environment. New York, Rizzoli, 1991.

MAGALHÃES, Maria Amalia Amarante de Almeida. *As Fachadas de Vidro e a Iluminação Natural*, in: Sinopses nº. 21, FAUUSP, São Paulo, 1994, p. 29-40.

MAIA. Manual de Avaliação de Impactos Ambientais. Curitiba, 1992.

MANSSON, B. A. *Thermodynamics and Economics*. In: Finite-Time Thermodynamics and Thermoeconomics. New York, 1990.

MARINHO, Gabriela. *Em Busca da Produtividade no Canteiro*. Notícias Duradoor. Informativo Duratex, São Paulo, nº 27, ano VII., mar 1991.

MASCARÓ, Juan Luis, e outros, A Evolução dos Sistemas de Construção com o Desenvolvimento Econômico, Uma Visão Retrospectiva. FAU-USP, 1978.

MASCARÓ, Juan Luis, e outros. As Indústrias de Materiais e Componentes de Construção no Brasil. FAU-USP, 1977.

MASCARÓ, Juan Luís. Consumo de Energia e Construção de Edifícios. São Paulo, SECOVI, 1981.

MASCARÓ, Juan Luís. *O Consumo de Energia nos Edifícios*. In: Seminário de Arquitetura Bioclimática. Rio de Janeiro, 1983.

MASCARÓ, Juan Luis. O Custo das Decisões Arquitetônicas. São Paulo, Nobel, 1985.

MASCARÓ, Juan Luis; MASCARÓ, Lucia Elvira Raffo. A Construção na Economia Nacional. São Paulo, Pini, 1980.

MASCARÓ, Juan Luis; MASCARÓ, Lucia Elvira Raffo. Incidência das Variáveis Projetivas e de Construção no Consumo Energético dos Edifícios. Porto Alegre, MIC/UFRGS, 1983.

MASCARÓ, Lucia (coord.). Tecnologia & Arquitetura. São Paulo: Nobel, 1989.

MASCARÓ, Lúcia R. Energia na Edificação. São Paulo, Projeto, 1991.

MASCARÓ, Lúcia. Análise Prévia para Caracterização de Aspectos Energéticos dos Materiais de Construção. UFRGS, Porto Alegre, 1988.

MASCARÓ, Lúcia; MASCARÓ, Juan. *Potencial de Conservação de Energia nas Edificações*. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NAS EDIFICAÇÕES. São Paulo, Escola Politécnica da USP, junho de 1989. Anais. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1989.

MEDEIROS, Heloísa. *História de Sucesso*. A Construção São Paulo, São Paulo, Ed. Pini, nº 2303, mar. 1992, p. 6-10.

MEDEIROS, Heloísa. *Telhado de Vidro*. A Construção São Paulo, São Paulo, Ed. Pini, nº 2303, mar. 1992, p. 5.

MESEGUER, Alvaro G. Controle e Garantia da Qualidade na Construção. São Paulo: SINDUSCON-SP/Projeto/PW, 1991.

MILA, Ariosto. O Edifício. São Paulo, FAUUSP, /s.d./.

MINGRONE, Antonio Carlos. Iluminação: Importância e Metodologia de Aplicação na Arquitetura. São Paulo, 1984. Dissertação de mestrado. FAUUSP.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional 1990. Brasília, 1991.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional 1994. Brasília, 1995.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional 1996. Brasília, 1997.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional 1997. Brasília, 1998.

Modelo Econômico Põe em Risco Futuro da Sociedade. O Estado de São Paulo, 2/11/98.

MORENO, Júlio. *O Estilo Dinâmico e Mutante do Arquiteto Que Está Refazendo Parte da Cidade de São Paulo*. Projeto Design, São Paulo, Arco Editorial, nº 204, jan. 1997, p. 29-79.

Nações Unidas Inicia Obras da Torre Norte. Finestra. São Paulo, Archimídia, nº 11, out./dez. 1997, p. 66.

NEW YORK, The Museum of Modern Art. Ligth Construction. New York: The Museum of Modern Art, 1995 (trad. esp. Museu d'Art Contemporani de Barcelona, LIGHT CONSTRUCTION. Barcelona: Gustavo Gili, 1996)

NORDHAUS, W. D. *Economics Approaches to Greenhouse Warming*. In: DORNBUSH, R., POTERBA J. M. (edit.), Global Warming:

Economic Policy Responses. The MIT Press, Cambridge, 1991.

Novo Centro da Móvel Cidade. Projeto Design, São Paulo, Arco Editorial, nº 193, jan./fev. 1996, p. B.1- B.8.

NUTAU' 96. FAU-USP, 1996. Anais. São Paulo, FAU-USP, 1996.

NUTAU' 98 - Arquitetura e Urbanismo: Tecnologias para o Século XXI. FAU-USP, de 8 a 11 de setembro de 1998. Anais. São Paulo, FAU-USP, 1998.

NUTAU. Pré-Moldados e Auto-Construção. SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DOS PRÉ-MOLDADOS E AUTO-CONSTRUÇÃO. São Paulo, 1995.

O Vidro na Arquitetura. Projeto, São Paulo, Arco Editorial, nº 149, jan./fev. 1992, p. 96-8.

O VIDRO PLANO. Nº. 244, março, 1993.

O VIDRO PLANO. Nº. 255, fevereiro, 1994.

OLIVEIRA, F. A. *O Estado e o Urbano no Brasil*. Espaço e Debate. São Paulo, 1982.

OLIVER, Paul. Cobijo y Sociedad. Madrid, H. Blume Ediciones, 1978.

ORNSTEIN, Sheila Walbe; ROMERO, Marcelo Andrade; (Coord.). Dossiê da Construção do Edifício. São Paulo: FAUUSP, 1992.

PEARSON, David. The Natural House Handbook. Sidnei: Conran Octopus, 1989.

Pesquisa Mundial Avalia Edifícios Brasileiros. Finestra. São Paulo, Ed. Archimídia, nº 8, jan./mar. 1997, p. 52.

PETROBRÁS, REVAP - Refinaria Henrique Lage. 1990- 10º Ano de Produção. São José dos Campos, /s.n./, 1991.

PETROBRÁS. Conheça a Petrobrás. /s.l./s.n./1993.

PINTO, Tarcísio de Paula e PINTO, César Augusto de Paula. *Qualidades com Pequenas Soluções*. Construção, São Paulo, Ed. Pini, nº 2453, fev 1995.

PINTO, Tarcísio de Paula. *Construction Wastes as Raw Materials for Low-Cost Construction Products*. In: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE OF CIB, TG 16, nov. 1994, Tampa. Anais. Michigan, 1994 b.

PINTO, Tarcísio de Paula. *De Volta à Questão do Desperdício*. Construção, São Paulo, Ed. Pini, nº 2491, nov. 1995.

PINTO, Tarcísio de Paula. *Desperdício em Xeque*. Revestimentos. São Paulo, 1989/1990.

PINTO, Tarcísio de Paula. *Entulho de Construção: Problema Urbano que Pode Gerar Soluções*. Construção, São Paulo, Ed. Pini, nº 2325, ago. 1992.

PINTO, Tarcísio de Paula. *Reciclagem de Resíduos de Construção e Possibilidades de Uso de Resíduos Reciclados em Obras Públicas*. In: SEMINÁRIO RECICLAGEM DE RESÍDUOS PARA REDUÇÃO DE CUSTOS NA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL, jul. 1994, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte, 1994.

Poder Econômico Finca Raízes na Marginal Pinheiros. Obra: Planejamento e Construção, São Paulo, SindusConSP, nº 53, nov. 1993, p. 14-21.

Prédio inteligente reúne tecnologia e arquitetura em entorno adequado. Projeto Design, São Paulo, Arco Editorial, nº 221, jun. 1998, p. 118-111.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, SECRETARIA DE SERVIÇOS E OBRAS. Lixo: A Coleta Seletiva na Escola. /s.n.t./.

PROCEL. Manual de Conservação de Energia Elétrica em Prédios Comerciais e Públicos. Rio de Janeiro: /s.n./, 1988.

Projeto de Arquitetura Determina Grau de Inteligência dos Edifícios. Projeto Design, São Paulo, Arco Editorial, nº 200, set. 1996, p. 106 - 109.

PROJETO E DESIGN. São Paulo, Ed. Pini, 1996-

Quando a Arquitetura Contribui para Fazer a Cidade, Qualificando o Ambiente Urbano em Diversas Escalas. Projeto Design. São Paulo: Arco editorial, nº 201, out. 1996, p. 56-63.

RAI, M. Energy Consumption and Energy Efficient Technologies in the Production of Building Materials. Nairobi, UNCHS, 1989.

RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, ALTERNATIVA ECONÔMICA PARA PROTEÇÃO AMBIENTAL. 1997, São Paulo. Anais. São Paulo, Poli-Civil, 1997.

Referencial Urbano e Construtivo. Finestra. São Paulo, Archimídia, nº 10, jul./set. 1997, p. 82-86.

REID, Esmond. Understanding Buildings. Cambridge, MIT Press, 1984.

RIPPER, Ernesto. Manual Prático De Materiais De Construção. São Paulo: Pini, 1995.

ROCHA, Adélia C. P. F. Materiais Plásticos para Construção, Laboratório Nacional de Engenharia Civil Dissertação de Mestrado em Construção de Edifícios da FEUP. Lisboa, 1990.

ROMERO, Marcelo A. AUT-801 Novas Metodologias de Pesquisa Tecnológica na Arquitetura. Notas de aula. Disciplina ministrada no Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, mar./jun. 1996.

ROMERO, Marcelo A. *O Peso das Decisões Arquitetônicas no Consumo de Energia Elétrica em Edifícios de Escritórios*. In: NUTAU'98 - Arquitetura e Urbanismo: Tecnologias para o Século XXI. FAU-USP, de 8 a 11 de setembro de 1998. Anais. FAU-USP, 1998.

ROMERO, Marcelo de Andrade, BARRETO, Douglas. *Consumo de Energia Embutido nos Materiais e na Produção de Edifícios*. In: ENTAC 95. Anais. Rio de Janeiro, nov. 1995.

ROMERO, Marcelo de Andrade. *A Conservação de Energia nas Edificações: Lesgilação e Consumo*. In: SEMINÁRIO NATUREZA E PRIORIDADES DE PESQUISA EM ARQUITETURA E URBANISMO. São Paulo. Anais. São Paulo, FAUUSP/FUPAM/FAPESP, p. 173-4.

ROMERO, Marcelo de Andrade. Arquitetura, Comportamento & Energia. São Paulo, FAUUSP, 1997. Tese de Livre-Docência.

ROMERO, Marcelo de Andrade. *Avaliação Pré-Projeto (APP): Conceitos e Aplicabilidade na Área da Conservação de Energia em Edifícios*. In: ENTAC 93 Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - Avanços em Tecnologia e Gestão da Produção de Edificações. 1993, São Paulo. Anais. v. 2. São Paulo, nov. 1993.

ROMERO, Marcelo de Andrade. *Conservação de Energia e o Projeto de Arquitetura: uma Análise Geral*. Sinopses nº 16. São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, dez 91, p. 5-9.

ROMERO, Marcelo de Andrade. *Conservação de Energia na Arquitetura: Dois Conceitos Inseparáveis*. In: I Simpósio Nacional ECOLUZ para Eficiência Energética. Salvador, 1996.

ROMERO, Marcelo de Andrade; ORNSTEIN, Sheila W.; BORELLI NETO, José. *Consumo de Energia em Escritórios de Arquitetura: Um Balanço da Situação no Município de São Paulo*. Revista Sinópses. São Paulo, FAUUSP/LRAV, 1995, p. 30-36.

ROSSO, Teodoro. Teoria e Prática da Coordenação Modular. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1976.

RUBERG, Claudia. *A Reciclagem dos Resíduos Sólidos da Construção Civil*. In: NUTAU 96. Anais. São Paulo, nov. 1996.

RUBERG, Claudia. *O Gerenciamento do Lixo na Cidade de João Pessoa*. In: I ENCONTRO DE SEMINÁRIOS TEMÁTICOS DA PESQUISA DA

PÓS-GRADUAÇÃO FAU-USP. Anais. São Paulo, out. 1996.

SANTIN, E. *PVC, Mil e duas utilidades*, Téchne, PINI, São Paulo, jan./fev. 1997.

SANTOS, Milton. Técnica, Espaço e Tempo. 3ª ed. São Paulo: Hucitec, 1997.

SÃO PAULO CONFERENCE ON HIGH TECHNOLOGY BUILDINGS, 1997, São Paulo.

SAWAYA, Silvio; PEREIRA, Paulo Cesar Xavier; FEITOSA, Maria José. AUP-852 Arquitetura com Terra: Construção, Atualização e Valor. Notas de aula. Disciplina ministrada no Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, ago./dez. 1996.

SCHAEFFER-NOVELLI, Yara. ICA-5707, Avaliação e Controle de Impactos Ambientais. Notas de aula. Disciplina ministrada no Curso de Pós-Graduação do PROCAM, Universidade de São Paulo, mar/jun. 1997.

SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGIA. Consulta no site da Internet http://www.energia.sp.gov.br

SEMINÁRIO CIÊNCIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. IEA-USP, 2 a 4 de julho de 1997. Anais. USP, 1997.

SEMINÁRIO DE ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA, Rio de Janeiro, 1983. Arquitetura solar /Seminário de Arquitetura Bioclimática, Rio de Janeiro, 1983. São Paulo, Cesp, 198?.

SEMINÁRIO INTERNACIONAL "GESTÃO E TECNOLOGIA NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS", Departamento de Engenharia de Construção Civil – PCC-USP, set. 1997.

SEMINÁRIO POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O MANEJO DO SOLO URBANO: EXPERIENCIAS E POSSIBILIDADES. São José dos Campos, ago 1996. Anais. São Paulo, Pólis, 1996.

SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS. EPUSP, jul. 1998.

SERRA, Geraldo Gomes. *Conservação de Energia e Forma Arquitetônica*. SIMPÓSIO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NAS EDIFICAÇÕES. Anais. São Paulo, EPUSP, 1989, p. 175-185.

SERRA, Geraldo Gomes. O Espaço Natural e a Forma Urbana. São Paulo, Nobel, 1987.

SERRA, Geraldo Gomes. Os Edifícios de São Paulo São Tão Inteligentes ... São Paulo, 1997.

SERRA, Geraldo Gomes. AUT-806, Obras Urbanas. Notas de aula. Disciplina ministrada no Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, ago./dez. 1996.

SHELTER PUBLICATIONS. Cobijo. Madrid, Blume Ediciones, 1979.

SNIC - Sindicato Nacional dos Produtores de Cimento. Relatório Anual. Rio de Janeiro, 1995.

SOUSA, M. *A Magia da Expansão*, Téchne, PINI, São Paulo, nov./dez. 1992 .

SSM - Secretaria de Serviços Municipais (Prefeitura Municipal de São José dos Campos). Entrevista do Sr. Horta. São José dos Campos, set. 1996.

SSM. Informação Popular, nº 1, ano 1. São José dos Campos, 1996.

SSM. Programa Bairro Limpo, (resumo). São José dos Campos, 1995.

STEIN, Richard G.; SERBER, Diane. *Energy Required for Building Construction*. In: WATSON, Donald (edit.) Energy Conservation Through Building Design. New York, McGraw Hill, 1979.

STEIN, Richard G; STEIN, C.; BUCKLEY, M.; and GREEN, M. Handbook of Energy Use for Building Construction. Washington D. C., United States Department of Energy, 1981.

STEIN, Richard. Architecture and Energy. New York, Anchor Press, 1977.

TERADA, Oscar Akihiko. *Conservação de Energia na Indústria*. In: SEMINÁRIO INTRODUÇÃO DE TECNOLOGIAS ENERGÉTICAS NO BRASIL ATÉ O ANO 2000, 1988, Montevideo. Anais. V. 2, p. 67-97.

THE BRITISH CERAMIC RESEARCH ASSOCIATION. Energy Use in the Abrasives and Miscellaneous Building Materials Industries. London, 1979.

THOMÉ, Mabele Rose Vieira, et al. Eficiência Energética em Edificações: Estado da Arte. Eletrobrás - Procel - Programa de Conservação de Energia Elétrica. Rio de Janeiro, 1996.

TOLEDO, Luis Marcio Arnaut de. Uso de Energia Elétrica em Edifícios Públicos e Comerciais de Florianópolis. Dissertação de mestrado. Florianópolis, UFSC, 1995.

UFBA – Universidade Federal da Bahia; COELBA – Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia; ELETROBRÁS/PROCEL. Pesquisa de Conservação de Energia Elétrica e Conforto Ambiental em Edificações Comerciais da Cidade do Salvador – versão preliminar. Salvador, /s.n./, 1997.

Uma Experiência em Tamanho Real. Téchne, São Paulo, Ed. Pini, nº 22, mai./jun. 1996, p. 22-24.

Un Gigante Verde. Arquitectura Viva. Madrid, Ed. Avisa, nº. 57, nov-dez. 1997, p.28-33.

UNCHS - United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). Energy for Building. Nairobi, UNCHS, 1991.

UNCHS - United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). *Promoting Sustainable Construction Industry Activities*. (Issue Paper II) In: First Consultation on the Construction Industry. Tunis, 3-7 maio 1993. Documento não publicado, distribuição limitada.

UNCHS - United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). *Promoting Sustainable Construction Industry Activities*. (Backgroud Paper) In: First Consultation on the Construction Industry. Tunis, 3-7 maio 1993. Documento não publicado, distribuição limitada.

UNCHS – United Nations Conference on Human Settlements. The Habitat Agenda. UNCHS, 1996.

UNCHS – United Nations Conference on Human Settlements. Report of the United Nations Conference on Human Settlements (HABITAT II). Istambul, 3 a 14 de junho de 1996. Preliminary version. UNCHS, out. 1996.

URBAN. Relatório de Caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos 018/96. São José dos Campos, ago. 1996.

URBAN. Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos, [apostila de dados]. São José dos Campos, 1996.

VAIDERGORIN, E.Y.L. *Durabilidade de Plásticos na Construção,* IPT, pub. nº 2324, São Paulo, 1995.

VAIDERGORIN, E.Y.L. *Polímeros como materiais de construção.* In: Tecnologia de Edificações, IPT, São Paulo, 1988.

VAN VLACK. Princípios de Ciência dos Materiais. Ed. Edgard Blücher. São Paulo, 1970.

VARGAS, Milton. Metodologia da Pesquisa Tecnológica. Rio de Janeiro: Globo, 1985.

VEIGA, José Eli da (org.). Ciências Ambientais, Primeiros Mestrados. São Paulo, Annablume, 1998.

Venda da Vale Abate US$ 780 Milhões em Juros. O Estado De São Paulo. São Paulo, 27/04/97, p. B1.

VIANNA, Nelson Solano. *Tecnologia e Arquitetura*. In: MASCARÓ, Lucia (coord.). Tecnologia & Arquitetura. São Paulo: Nobel, 1989.

VIEIRA, Paulo Freire; WEBER, Jacques (org.) Gestão De Recursos Naturais Renováveis E Desenvolvimento. São Paulo: Cortez, 1997.

WULFF, J. et al. The Structure and Properties of materials. vol. III. Ed. John Wiley & Sons. New York, 1965.

YEANG, Ken; YEANG, Kenneth. The Skyscraper, Bioclimatically Considered; A Design Primer. Academy Editions, 1997.

ZYLBERSZTAJN, David. *Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento no Brasil*. In: MENEZES, L. C. org., Terra Gasta: a Questão do Meio Ambiente. São Paulo, EDUC, 1992.

XVII BIBLIOGRAFIA ADICIONAL

A bibliografia adicional sobre a temática de estudo e coletada na revisão bibliográfica encontra-se listada a seguir, como sugestão para o aprofundamento do tema.

A Conference on the architectural components of environmental identity (1988, Milan). Abitare. Milano, Abitare Segesta, n. 268,. out. 1988, p. 196-7.

ABIKO, Alex K.; JOHN, Vanderley M. (Coord.). ENTAC 93 Avanços em Tecnologia e Gestão da Produção de Edificações. São Paulo, ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído / Escola Politécnica – USP, nov. 1993.

ABLER, Robert. *Recycling plastic products*. Design. London, Design Council. n. 508 abr. 1991, p 46-7.

ACHARD, P.; GICQUEL, R. European Passive Solar Handbook – Basic Principles and Concepts for Passive Solar Architecture. Luxembourg, Commission of the European Communities, 1986.

ACKERMAN, Allan. *Computers: energy modeling on microcomputers*. Progressive Architecture, Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 66, dez. 1985, p 45-6.

ALEXANDER, Greg. *Skylights and shading devices*. The Canadian Architect. Don Mills, Ont. Southam Business Publications, v. 30, ago. 1985, p 27-9.

ARANGO, Judith. *Design from reused and recycled materials*. Domus. Milano, Domus, n. 789, jan. 1997, p 84-5.

Architecture & energy: building excellence in the Northwest 1993 (design awards; advertising supplement). Architecture. New York, BPI Communications,. v. 82, mai. 1993, p. 113-20.

Architecture + energy: 1994 design awards (advertising supplement; with juror's comments). Architecture. New York, BPI Communications, v. 83, mai. 1994, p 127-30.

ASHLEY, Stephen. *Real values* (thermographic surveys by the Welsh School of Architecture show insulation values up to double those specified). RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd., v. 98, set. 1991, p. 59.

Auto-construction (briques prefabriquees au Bresil, coupoles de bambous, nattes et feuilles d'aluminum en Inde). L'architecture d'aujourd'hui. Boulogne, Groupe Expansion, n. 256, abr. 1988, p. 77.

BACKLUND, Nicholas. *Corporate consciences* (comprehensive design strategies to monitor and minimize their impact on the environment). ID. New York, Design Publications. v 37, nov./dez. 1990, p. 40-3.

BARING, João Gualberto de Azevedo. Desempenho Acústico de Caixilhos de Fachada no Contexto do Controle da Poluição Sonora Urbana. São Paulo, /s.n./, 1990.

BARNETT, Jonathan. *Sustainable development: how to make it work.* Architectural Record. New York, Mcgraw Hill, v. 181, jun. 1993, p. 32-5.

BARRENECHE, Raul A. *Green plan unveiled for White House* (Washington, D.C) Architecture. New York, BPI Communications, v. 83, mai. 1994, p. 25.

BARRENECHE, Raul A. *Meier's white turns green* (environmentally sensitive systems; with six case studies). Architecture. New York, BPI Communications, v. 85, feb. 1996, p. 131-9.

BATES, Derek. *Plastics and the environment*. Design. London, Design Council. n. 503, nov. 1990, p. 66-7.

BATTLE, Guy; MCCARTHY, Christopher. *Multi-source synthesis: sculpting with energy* (energy modeling for building projects in London and Hong Kong). Architectural Design. London, Standard Catalogue Co., v. 65, mai./jun. 1995, p. ii-vii.

BENDING, R.; EDEN, R. UK Energy: Structure, Prospects and Policies. Cambridge University Press, 1984.

BENTON, Charles C.; MARCIAL, Robert A. *On the energy conservation front* (Pacific Gas and Electric Energy Center, San Francisco). Places. Cambridge, MIT Press, v. 9, winter 1995, p. 26-7.

BEOGRAD, Zavod. Consumption of Building Material, Fuel and Electricity in ... Yugoslavia, 1988.

BIGGS, W. *A Full Repairing Lease*. In: HAPPOLD, Buro. Patterns. /s.l./s.n./, 1990.

BLOWERS, Andrew. *Planning a sustainable future: pollution and waste, a sustainable burden?* Town & Country Planning. London, Town and Country Planning Association. V. 61, out. 1992, p. 265-8.

BLOWERS, Andrew. *Who will pay for the future? (sacrifices in the cause of sustainable development).* Town & Country Planning. London, Town and Country Planning Association. V. 60 jun. 1991, p. 167-8.

BLYTH, Alastair. *Low energy for industry* (workshop units, London). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 200, 8 set. 1994, p. 44-5.

BLYTH, Alastair. *Towards sustainable design* (RIBA Policy Statement on Global Warming and Ozone Depletion; reprint). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 202, 3 ago. 1995, p. 38-9.

BOLAN, Ruchard S. *Organizing for sustainable growth in Poland (policy of sustainable development within the framework of transition to a democratic market economy).* Journal of the American Planning Association. Washington, D.C., American Planning Association. V. 58, summer 1992, p. 301-11.

BORDASS, Bill. *Avoiding office air-conditioning.* Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 202, 20 jul. 1995, p. 37-8.

Branco and recycling (Italian design team). Domus. Milano, Domus, n. 789, jan. 1997, p. 102-3.

BRANCO, Samuel Murgel. Energia e Meio Ambiente. Moderna Editora, 1996.

BRAWNE, Michael. *Design energy* (two competition entries by Avci Jurca Brawne Fordham). RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd., v. 97, mar. 1990, p. 40-3+.

Briarcliff House (Hampshire, England). A + U. Tokyo, A + U Publishing Co. n. 192, set. 1986, p. 34-40.

Bricks and blocks (6 article special section). RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd.,. V. 98, fev. 1991, p. 59-65, 68, 71-8.

BRYAN, Harvey. *Standards: ASHRAE 90*. Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 67, abr. 1986, p. 63-4+.

BUCHANAN, Peter. *Saitowitz sundial* (project for a house organized around the movement of the earth, Sonoma City, Calif). The Architectural Review. London, /s.n./, v. 179 fev. 1986, p. 44-5.

BURALL, Paul. *Blueprints for green design* (looming environmental problems demand an emphatic response from designers). Design. London, Design Council. n. 503, nov. 1990, p. 34-5.

BURBERRY, Peter. *Energy--why we must act now* (energy conservation in building design). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 203, 11 abr. 1996, p. 22-3.

BURBERRY, Peter. *LT method of energy assessment* (Lighting and Thermal method). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 199, 23 mar. 1994, p. 27-8.

BURBERRY, Peter. *Ruling on energy and ventilation* (revised building regulations, Great Britain). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 200, 18 ago. 1994, p. 21-3.

Bursts of energy (energy conservarion; 5 article special section). Progressive Architecture Cleveland, Penton Publishing ; Reinhold Publishing, v. 66, abr. 1985, p. 49-52, 73-85.

BUSSEL, Abby. *Projects: eco-tectonics*. Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 73, mai. 1992, p. 159-61.

CARPENTER, Stephen. *Window energy standards take a step forward*. Progressive Architecture Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 72, ago. 1991, p. 107.

CARTER, Brian. *Canadian civitas* (Richmond Hill Central Library, Toronto) The Architectural Review. London, /s.n./, v. 197, may 1995, p. 68-73.

CASTRO NETO, Jayme Spinola. Edifícios de Alta Tecnologia. Editora Cartago & Forte, São Paulo, 1994.

CEC – Commission of the European Communities. Building 2000, Office Buildings; Public Buildings; Hotels and Holiday Complexes. Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1992.

CEC – Commission of the European Communities. Energy in architecture: the European passive solar handbook. London, B.T. Batsford for the Commission of the European Communities, Directorate General XII for Science, Research and Development, 1994.

CEE – Comunidade Econômica Europeia. Energy Conscious Design – A Primer for Architects. London, B. T. Batsford Ltd., 1993.

CERAGIOLI, G.; CAVAGLIÀ, G. *L'Uso ed il Transferimento di Tecnologie Edilizie Industriali in Contesti Non Industrializzati*. In: Prefabbricare, 4, Milano, /s.n./, 1981.

CHALMERS, Jacky; ORESZCZYN, Tadj. *Energy (the Energy Design Advice Scheme initiative for promoting low-energy building design expertise; with two case studies).* RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd., v. 100, set. 1993, p. 75.

Changing with the weather (two projects by Spence & Webster). The Architectural Review. London, /s.n./, v. 189, jun. 1991 p. 56-9.

CLEGG, Peter. *Taxing environmental controls* (Inland Revenue Centre buildings at East Kilbride, Scotland and Nottingham, England compared). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 201, 27 abr. 1995, p. 51-3.

CODRINGTON, Andrea. *Alert in Seattle* (Design Resource Awards competition). ID. New York, Design Publications. v. 42, mar./abr. 1995, p. 84.

COFFIN, Christie Johnson. *Thick buildings* (with windowless space). Places. Cambridge, MIT Press, v. 9, winter 1995, p. 70-5.

COLE, Raymond J. *In transit to a sustainable world*. The Canadian Architect. Don Mills, Ont. Southam Business Publications, v. 41, jul. 1996, p. 12-13.

Commercial building design (P/A award in applied research). Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 69, jan. 1988, p. 142.

Construction technologies (in the developing world; 10 article special section). Mimar. Singapore, Concept Media. n. 38, mar. 1991, p. 6-7, 37-67.

COZZA, Eric. *O Peso da Idade*. Construção. São Paulo, Editora Pini, nº 254, out. 1996.

CROSBIE, Michael J. *School peeks out from a bank of earth: Eugene Field Elementary in Oklahoma City*. Architecture. New York, BPI Communications, v. 75, feb. 1986, p. 44-9.

CROWE, Norman. Nature and the Ideas of a Man-Made World. Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 1995.

DAVEY, Peter. *Climate of change* (energy use: attitudes must change and technology evolve; editorial). The Architectural Review. London, /s.n./, v. 197 mai. 1995, p. 4-5.

DAVIES, Colin. *Building the bank* (Hongkong and Shanghai Bank, Hong Kong). The Architectural Review. London, /s.n./, v. 179, abr. 1986, p. 101-2+.

DAWSON, Layla. *Light spirited* (Aerogel, translucent cladding panel with low thermal conductivity). The Architectural Review. London, /s.n./, v. 197 January '95, p. 20-1.

DAWSON, Layla. *Pollution solutions* (Germany has created and inherited some of the worst pollution in Europe). Design. London, Design Council. n. 509, mai. 1991, p. 30-1.

Daylight simulation facility. Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 66, jan. 1985, p. 160-1.

DEAN, Andrea Oppenheimer. *Commodity, firmness, delight--and energy?: How deeply is it embedded in architectural consciousness*. Architecture. New York, BPI Communications, v. 74, abr. 1985, p. 52-7.

DEGIOANNI, Jacques-Franck; SUNER, Bruno. *Façades acoustiques*. L'Architecture d'Aujourd'hui Boulogne, Groupe Expansion, n. 299, jun. 1995, p. 128-9.

DERINGER, Joseph J. *A New energy standard for the building wall* (Standard 90.1P, energy efficient design of new buildings except low-rise residential buildings). Architectural Record New York, Mcgraw Hill, v. 176, ago. 1988, p. 114-15.

DERINGER, Joseph. *Technics topics, standard 90.1: the system performance path* (energy efficiency standards for nonresidential buildings). Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 73, feb. 1992, p 40-1.

Design and build for low energy housing. Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 180, 21 nov. 1984, p. 79-82+.

Design for Energy Management award 1986 (student architects' competition for an energy efficient Gas Heritage and Technology Centre). Architect. London, RIBA Magazines Ltd. v. 93, out. 1986, p. 45-50.

DETHIER, Jean. *Back to earth*. The Architectural Review. London, /s.n./, v. 188, set. 1990, p. 80-3.

DI PASQUALE, Raymond A. Failures: water penetration (through a parapet wall). Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 67, jun. 1986, p 57+.

DIETSCH, Debora K. *Sustainable design gains political clout (Council on Sustainable Development, United States)* Architecture. New York, BPI Communications, v. 85, mar. 1996, p. 15.

DOGGART, John. *How green is my office?* (The Office Toolkit, a new guide to environmental issues involving offices). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 202, 24 ago. 1995, p. 44-5.

DORRIS, Virginia Kent. *Acoustical simulation rooms*. Architecture. New York, BPI Communications, v. 81, ago. 1992, p. 90.

ELLIOT, Cecil D. Technics and Architecture: The Development of Materials and Systems for Buildings. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1992.

Energy action report. Interiors. New York, Billboard Publications. v. 143, jul. 1984, p. 56.

Energy analyses for buildings (research citation). Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 74, jan. 1993, p. 92.

Energy efficiency (4 article special section). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 200, 13 jul. 1994, p. 23-33.

Energy efficiency in offices (case study: Posford House, Peterborough, England). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 199, 12 jan 1994, p. 35-8.

Energy efficient building rehabilitation (research citation). Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 72, jan. 1991, p. 130.

Energy for life (architecture, climate and energy; 11 article special section). The Architectural Review. London, /s.n./, v. 192, fev. 1993, p. 18-45,49-66, 71-4.

Energy matters (building that make extensive use of passive energy; 8 article special section). The Architectural Review. London, /s.n./, v. 197, mai. 1995, p. 29-73.

Energy policy (statement prepared by the Environmental and Energy Policy Committee of the Royal Institute of British Architects). RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd., v. 97 jul. 1990, p. 18-19.

Energy: combining energy efficiency with architectural design. RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd.,. v. 91, out. 1984, p. 19-30.

Environmental systems and controls (5 article special section). Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 66, out. 1985, p. 120-36.

EVANS, Barrie. *Automating construction (International Symposium on Automation and Robotics in Construction, XI: Brighton, England, 1994)*. Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 200, 20 jul. 1994, p. 28-9.

EVANS, Barrie. *Daylighting as a technology*. Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 204, 18 jul. 1996, p. 40-1.

EVANS, Barrie. *Lower energy in a city street* (retail and office building for London). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 200, 13 jul. 1994, p. 31-3.

EVANS, Barrie. *Building up a national database* (of the non-domestic building stock in England and Wales, to guide energy-conservation policy). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 199, 1 jun. 1994, p. 25.

EVANS, Barrie. *Energy lessons from school* (D'Hautree School, Mont l'Abbe, Jersey, Great Britain). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 201, 20 abr. 1995, p. 42-4.

EVANS, Barrie. *Environmental futures* (European Low Energy Design Forum: Brighton, England, 1994). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 200, 3 nov. 1994, p. 43-5.

EVANS, Barrie. *Low-cost, low-energy offices* (Leeds City Office Park, England). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 199, 6 abr. 1994, p. 19-2.

EVANS, Barrie. *Making housing sustainable (Great Britain)*. Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 205, 16 jan. '97, p. 48.

EVANS, Barrie. *Services of the future* (reports on building usage and technologies from the Chartered Institution of Building Engineers annual conference, 1995) Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 202, 26 out. 1995, p. 51-3.

EVANS, Benjamin. *Basics of daylight design* (treating natural light as an architectural element). Architecture. New York, BPI Communications,. v. 76, fev. 1987, p. 78-85.

FERNANDES, V.C. Controle De Qualidade. IPT Pub.2364.São Paulo, IPT, 1995.

FERNANDES, V.C. Estudo de Janelas, Relatório Parcial 1: Dimensionamento Geral de Vãos e Caixilhos. Lisboa, LNEC, 1968.

FERNANDES, V.C. Estudos de Janelas, Relatório Parcial 3: Ensaios Preliminares de Perfis para Janelas de Madeira. Lisboa, LNEC, 1971.

FERNANDES, V.C. Prevention of Decay in Window Joinery. Garston, BRS, 1966.

FINN, David W. *Lighting with less energy: a proposed national code will limit the amount of energy a building can use for lighting*. The Canadian Architect. Don Mills, Ont. Southam Business Publications, v. 38, jun. 1993, p. 27.

FISHER, Thomas R. *Thin sheets of air* (glazing in transmitting light and heat). Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 66, jun. 1985, p. 104-10.

FISHER, Thomas R. *Energy past and future* (post-occupancy evaluations, POEs) Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 67, abr. 1986, p. 114-23.

FOULKES, Timothy J. *Technics: office acoustics* Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 73, set. 1992, p. 38-42.

FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA. Legislação de Conservação da Natureza. São Paulo, CESP, 1986.

GABBY, Brent. *About face (a guide to the latest specification for brick).* Architecture. New York, BPI Communications, v. 79, abr. 1990, p. 113-14+.

GARTNER, E. M.; SMITH, M. A. Energy Costs of House Construction. Garston, Building Research Institute, 1976.

GASTMEIER, Bill. *Sound behaviour* The Canadian Architect. Don Mills, Ont. Southam Business Publications, v. 40, abr. 1995, p. 39.

GIRARDET, Herbert. *Sustainable cities: a contradiction in terms?* Architectural Design. London, Standard Catalogue Co., v. 67, jan./fev. 1997, profile 8-13.

GORDON, Douglas E. *ESC (environmentally sensitive construction) gets a boost (Tennessee Initiative for Environmental Sensitivity in Construction, Washington, D.C; conference).* Architectural Record. New York, Mcgraw Hill, v. 178, jul. 1990. p. 17.

GORDON, Douglas E.; STUBBS, M. Stephanie. *State of the art acoustics (at George Lucas's Skywalker Ranch)* Architecture. New York, BPI Communications, v. 77, out. 1988, p. 96-100.

GORDON, Douglas E.; STUBBS, M. Stephanie. *The Performance of some 1970s energy savers* (six larger-scale commercial buildings that were pioneers in the use of energy-conservation techniques). Architecture. New York, BPI Communications, v. 78, mar. 1989, p. 100-11.

GRACA, M. E. A. *Edifícios inteligentes*. Construção, São Paulo, v.45, n.2316, jun. 1992, p.18-9.

Green goes mainstream; 12 article special section. Architecture. New York, BPI Communications, v. 83[82], jun. 1993, p. 47-85, 99-105, 109-13, 117-27.

Green ideas aid design co-operation (Towards zero energy buildings: RIBA conference). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 199, 23 fev. 1994, p. 40.

GREEN, Ray. *Sustainable development of the built environment*. Town & Country Planning. London, Town and Country Planning Association. V. 59, mai. 1990, p. 142-3.

GRIFFIN, Fritz; MILLET, Marietta. *Shady aesthetics* (Carpenter Center for the Visual Arts, Harvard University). Journal of Architectural Education. Washington, Association of Collegiate Schools of Architecture. V. 37, spring/summer 1984, p. 43-60.

GROVER, Reginald. *Energy conservation and thermal insulation.* RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd. V. 92, out. 1985, p. 65-8, 72+.

HAMER, Frank. *Fired by renewable energy* (recycling waste and generating power to fire kilns). Ceramic Review. London, Craftsmen Potters Association of Great Britain. n.149, set./out. 1994, p. 38.

HANCOCK, Marion. *My earth shelters* (Peter Carpenter, secretary of the British Earth Sheltering Association). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 199, 6 abr. 1994, p. 50.

HANCOCK, Tom. *Time to build in energy-efficiency.* Town & Country Planning. London, Town and Country Planning Association. V. 60, jun. 1991, p. 164-5.

HARTKOPF, Volker; LOFTNESS, Vivian et al. Designing the Office of the Future – The Japanese Approach to Tomorrow's Wokplace. New York, Wiley & Sons, 1993.

HAWKES, Dean. *Realising the autonomous house* (Southwell, England). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 201, 12 jan. 1995, p. 37-9.

HAWKES, Dean. *Energy revisits* (Gateway Two, Basingstoke; JEL HQ, Stockport; Maidstone Hospital). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 180, 14 nov. 1984, p. 71-7.

HAWKES, Dean. *User control in a passive building* (School of Engineering, De Montfort University, Leicester, England). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 199, 9 mar. 1994, p. 27-9.

HAWKES, Dean; MCDONALD, Jane; STEEMERS, Koen. *Design for differing climates* (principles of designing climate-responsive, low-energy buildings). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 201, 16 mar. 1995, p. 35-7.

HENDERSON, Justin; BARNA, Peter. *DOE standards* (revisions in standards for energy efficiency in buildings by the Department of Energy). Interiors. New York, Billboard Publications. v. 149, abr. 1990, p. 40.

HIRTLE, Parker W. *Technics topics: the ABC's of office acoustics.* Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 70, jun. 1989, p. 123.

HOFFMANN, Peter. *Congress generates energy efficiency*. Architectural Record. New York, Mcgraw Hil,l v. 180, jul. 1992, p. 25.

HOLBROOK, Dana. *Is there a quiet place in the alternative office? (acoustics in office design).* Architectural Record. New York, Mcgraw Hill, v. 184, nov. 1996, p. 54-7.

HOLTON, John K. *Technics: the meaning of ASHRAE 90.1* (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers' energy efficiency standard for nonresidential buildings). Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 73, fev. 1992, p. 33-8.

Hot and dry (appropriate models for buildings outside temperate climates; 13 article special section). The Architectural Review. London, /s.n./, v. 196, jul. 1994, p. 4-5+.

How the energy demonstration scheme works. RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd. V. 91, ago. 1984, p. 38.

HOWARD, Nigel; ROBERTS, Phil. *Environmental comparisons* (environmental audit of two headquarter offices, Manchester and London). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 202, 21 set. 1995, p. 46-7.

HOYT, Charles K. *Building's globalization, longer, lopped cycles, and slower growth (McGraw-Hill's annual Washington, D.C. Building Products Executives Conference).* Architectural Record. New York, Mcgraw Hill, V. 178 Janeiro 1990, p. 15.

HYETT, Paul. *When high-tech means high-waste* (Joule study programme seeks to reduce energy consumption and CO_2 emissions). Architects'

Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 204, 19 set. 1996, p. 29.

Interclima/technologies: a la recherche d'un chaud et d'un froid propres (energy usage in the heating and air conditioning of buildings). L'Architecture d'Aujourd'hui. Boulogne, Groupe Expansion, n. 288, set. 1993, p. 143.

ISES – International Solar Energy Society. VI CONGESSO IBÉRICO DE ENERGIA SOLAR. Anais. Lisboa, 5 a 7 de abril de 1993.

IZARD, Jean-Louis e GUYOT, Alain. Arquitetura Bioclimática. México, D. F. Gustavo Gilli, 1983.

JANJIGIAN, Robert. *Window energy show in the windy city*. Interiors. New York, Billboard Publications. v. 144, jul. 1985 p. 54+.

JOHNSON, Lena E. *Sustainability: towards an holistic vision of architecture*. The Structurist. Saskatoon, Canada, University of Saskatchewan. n. 35-36, 1995-1996, p. 86-98.

JONES, Peter Blundell. *Green gauge* (Maison de l'Environnement, Belfort, France) The Architectural Review. London, /s.n./, v. 200, nov. 1996, p. 70-3.

JOUBERT, Paul. *Good offices* (office complex, New Delhi). The Architectural Review. London, /s.n./, v. 197, mai. 1995, p. 57-61.

KALAY, Yeshuda E. (Editor). Evaluation and Predicting Design Performance. New York, John Willey & Sons, Inc., 1992.

KAPUSTA, Beth. *Two office retrofits* (using recycled materials and daylighting strategies). The Canadian Architect. Don Mills, Ont. Southam Business Publications, v. 39, jun 1994, p. 21.

KERR, Dale D. *Windows and energy performance* (thermal performance of windows). The Canadian Architect. Don Mills, Ont. Southam Business Publications, v. 37, abr. 1992, p. 35+.

KHAN, Hasan-Uddin. *Beijing: report on a symposium on earth architecture*. Mimar. Singapore, Concept Media. n. 19, jan./mar. 1986, p. 8.

KING, H.; EVERETT, A. Components and Finishes. London, B.T. Batsford, 1971.

KIRKHAM, J.E. Development of Earth Building Blocks. Oklahoma, Oees, 1940.

KNUTSON, Ted. *New ASHRAE building energy rules fairer says architect who helped design them* (proposed revisions to the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers efficiency standards). Inland Architect. Chicago. v. 40, mai./jun. 1996, p. 6-7.

KOURIK, Robert. *Graywater for residential irrigation*. Landscape Architecture. American Society of Landscape Architects. v. 85, jan. 1995, p. 30-3.

KRUPA, Frederique. *Case study: (recycled) paper architecture* (showroom in New York is composed primarily of homasote, made of recycled newspaper). ID. New York, Design Publications. v. 40, mar./abr. 1993 p. 87.

LABS, Kenneth:1950-1992. *Technics topics: closing some circles* (Spaceboard as structural material). Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 72, mar. 1991, p. 64.

LANDECKER, Heidi. *In nature's arms* (Moore house). Architecture. New York, BPI Communications, v. 83[82], jun. 1993, p. 70-3.

LANDERO, Maria Antonia. *Con decir abracadabra - La información aplicada al desarrollo de los Edificios Inteligentes*. MOPU. Madrid, MOPU. Madrid, vol. 362, 1989.

LARDEREL, Jacqueline Aloisi de. *A new production and consumption pattern* (Agenda 21, action plan of the United Nations Conference on Environment and Development). Domus. Milano, Domus, n. 789, jan. 1997, p. 48.

LASSAR, Terry Jill. *Let the sun shine in* (solar access, an important component of many downtown zoning ordinances). Architecture. New York, BPI Communications, v. 79, mai. 1990, p. 102-5+.

Lead recycling centers. Stained Glass. Kansas City, v. 86, winter 1991, p, 251.

LEVINSON, Nancy. *Sustainable: attainable?* (The Environment, sustainable development and design: Graduate School of Design, Harvard University, Cambridge, Mass). Landscape Architecture. American Society of Landscape Architects. v. 83, set. 1993, p. 22.

Library link: the revised building regulations (publications on part L: conservation of fuel and power; part F: ventilation). RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd. V. 102, set. 1995, p. 77.

Library link: towards sustainable design (list of articles and books). RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd. V. 102, out. 1995, p. 74+.

LICHTBLAU, Julia. *Practice: is there a new market in energy conservation or just risky business?* Architectural Record. New York, Mcgraw Hill, V. 174, mar. 1986, p. 47.

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Ensaios de Janelas, Execução e Cuidados. Lisboa, 1977.

LOFTNESS, Vivian E.; TEMPLER, John. *Applied research: predicting the acoustical qualities of buildings.* Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 68, jan. 1987, p. 135

LORCH, Richard. *Energy and global responsibility* (conference organized by the RIBA and the Department of Energy, London). RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd., v. 97, mar. 1990, p. 50-1.

LYNES, Joe; LITTLEFAIR, Paul. *Design method for daylighting*. Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 202, 7 dez. 1995, p. 38-9.

Madeiras, Acessórios, Juntas e Materiais de Vedação. São Paulo, Pini, 1991.

MAIER, Clive. *Technicalities: cardy and Coke* (a polyester fabric derived from plastic bottles). Design. London, Design Council. n. 538, out. 1993, p. 9.

Managing energy efficiency. Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 200, 3 nov. 1994, p. 51.

Map of sustainability paths. Domus. Milano, Domus, n. 789, jan. 1997, p. 50-1.

MARKWAY, Ric. *Technics topics: rating fenestration for energy efficiency*. Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 74, set. 1993, p. 79.

MARTE, Cláudio Luís. Automação Predial - A inteligência distribuída nas edificações. São Paulo, Editora Carthago & Forte, 1995.

MARTIN, Muscoe. *A sustainable community profile (Chestnut Hill, Philadelphia*). Places. Cambridge, MIT Press, v. 9, winter 1995, p. 30-7.

MATUS, Vladimir. *Reflected sun in urban spaces*. The Canadian Architect. Don Mills, Ont. Southam Business Publications, v. 35, mai. 1990, p. 46-8.

MAYS, Vernon. *Masonry research (brick and block construction techniques are undergoing sophisticated analyses).* Architecture. New York, BPI Communications, v. 80, abr. 1991, p. 115-18.

MCHARRY, Jan. *Indoor air and noise pollution* Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 200, 15 dez. 1994, p. 42.

MCKENNA, Sean. *Let the light shine in* (light diffusing glass in ECOSS IG window systems). Glass Magazine. McLean, VA, National Glass Association. V. 47, mar. 1997, p. 43.

MCNICHOLL, Ann. *Daylighting in perspective* (Thermie research program: energy and cost saving

benefits). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 201, 16 fev. 1995, p. 35-7.

MCPHERSON, E. Gregory; ROWNTREE, Rowan. *Computers: tree shade Landscape.* Architecture. New York, BPI Communications, v. 76, mai./jun. 1986 p. 88-91.

Michael Hopkins & Partners: research into sustainable architecture. Architectural Design. London, Standard Catalogue Co., v. 67, jan./fev. 1997, profile 26-31.

MILARÉ, Édis. Legislação Ambiental do Brasil. São Paulo, APMP, 1991.

MITCHELL, William J. City of Bits: Leben in der Stadt des 21. Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 1996.

MOFFAT, David. *San Francisco Energy Center* (energy college to teach architects, engineers, builders, and designers about energy conservation technologies). Architecture. New York, BPI Communications, v. 81, fev. 1992, p. 83.

MORENO, Elena Marcheso. *The market's buying green* (increased popularity of Environmental Home Programs). Architectural Record. New York, Mcgraw Hill, V. 184, jan. 1996, p. 24-9.

MUÑOZ, Jesus Feijó. Instalación Electrica y Electrónica Integral en Edificios Inteligentes. Universidad de Valladolid, Valladolid, Espanha, 1991.

NAAR, Jon. *High glazings and other ways to window efficiency*. Interiors. New York, Billboard Publications. v. 144, jul. 1985, p. 50+.

NATIONAL SEMINAR ON ROLE OF BUILDING MATERIALS INDUSTRIES IN CONVERSION OF WASTES INTO WEALTH. New Delhi, 1986. Anais. New Delhi, 1986.

NIWA, Hideki. *A House of hello goodbye* (Okayama, Japan). The Japan Architect. Tokyo, Shinkenchiku-Sha. v. 61, fev. 1986, p. 55-8.

NOVITSKI, B. J. *Energy conservation software* (a new generation of software will help architects design more efficient buildings). Architecture. New York, BPI Communications, v. 80, mai. 91, p. 127-8+.

O'MALLEY, Douglas. *ASHRAE 90.1 and energy simulation software* (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers' energy efficiency standards). The Canadian Architect. Don Mills, Ont. Southam Business Publications, v. 39, nov. 1994, p. 32.

O'MALLEY, Douglas. *ASHRAE 90.1 and the building envelope* (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers' energy efficiency standards). The Canadian Architect. Don Mills, Ont. Southam Business Publications, v. 39, set. 1994, p. 43-4.

OREFICE, Giovanni. *Insulation problems. Acoustics: which materials?* Abitare. Milano, Abitare Segesta, n. 348, fev. 1996, p. 61-3.

ORESZCZYN, Tadj. *Energy design simulation* (advice on designing energy conscious buildings). RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd., v. 103, mar. 1996, p. 71-2.

O'RIORDAN, Timothy. *An equilibrium not of this world*. Town & Country Planning. V. 59, mai. 1990, p. 154-6.

OSTLER, Tim. *A boost for low-energy design* (Energy Design Advice Scheme offers consultation on low-energy design, Great Britain). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 200, 20 jul. 1994, p. 30.

P/*A technics: energy conservation update* (the latest developments in daylighting, below-grade construction, utility incentives, HVAC, and radiant barriers; 6 article special section). Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 70, fev. 1989, p. 92-8.

PACKER, Nigel. *Northern centre offers architects free advice on energy-efficient design* (conclusions of research by the Energy Design Advice Scheme).

Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 199, 16 mar. 1994, p. 8.

PAIVA, José A. Vasconcelos de. Caracterização Térmica de Paredes de Alvenaria. Lisboa, LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1986.

PAIVA, José A. Vasconcelos de. Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios. Lisboa, LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1990.

PALUSCI, Carl. *Brick-end barns: a folk architectural form rediscovered*. The Clarion. V. 11, winter 1986, p. 48-55.

PEARSON, Clifford A. *Following the sun* (in the land of the midnight sun, Finnish architects take natural light seriously). Architectural Record. New York, Mcgraw Hill, V. 181, fev. 1993, p. 40-1.

PEARSON, Clifford. *In Tucson's historic barrio, Rick Joy designed the Convent Avenue Studios to emulate but not copy their neighbors*. Architectural Record. New York, Mcgraw Hill, V. 185, apr. 1997, p. 70-5.

PEASE, Mike. *Sustainable communities: what's going on here? (seven projects in Turkey and the United States).* Places. Cambridge, MIT Press, v. 9, winter 1995, p. 50-69.

PIPES, Alan. *Designing through the sound barrier (computer software).* Design. London, Design Council. n. 461 mai. 1987, p. 15.

PIZZOCARO, Silvia. *The Kalundborg industrial ecosystem* (Denmark). Domus. Milano, Domus, n. 789, jan. 1997, p. 64-5.

Planning for sustainable development (TCPA annual conference 1990, London; 8 article special section). Town & Country Planning. London, Town and Country Planning Association. V. 60, jan. 1991, p. 16-23.

Plastic: packaging and the sea (Du Pont's experiments in plastics innovation and recycling continue). Abitare. Milano, Abitare Segesta, n.339, apr. 1995, p. 58.

PRADO, R. T. A. *Conservação de energia aos edifícios inteligentes*. Construção. São Paulo, Editora Pini, v.45, n.2328, set. 1992, p.15.

PRIMEIRO SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE O EDIFÍCIO INTELIGENTE. São Paulo, 1989.

Products (new seating, carpeting, fabric and finishes). Architecture. New York, BPI Communications, v. 83, dez. 1994, p. 121.

RANDALL, Cynde. *Paper futures* (transforming recycled paper into wood). Fiberarts. Asheville, N.C., Lark Communications. V. 21, nov./dez. 1994, p. 54-9.

RAY-JONES, Alan. *CICE 92 (Construction Industry Computer Exhibition and conference, Barbican Center, London*). RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd. V. 99, fev. 1992, p. 56-7.

RAY-JONES, Alan. *New developments in computing (8th Construction Industry Computer Exhibition and Conference, London).* RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd. V. 96, jan. 1989, p. 81-2.

REES, William E. *Sustainable development as capitalism with a green face* (review article). The Town Planning Review. Liverpool, University Press. v. 61, jan. 1990, p. 91-4.

Regenerative design for sustainable development (ASLA Merit Award for communications). Landscape Architecture. American Society of Landscape Architects. v. 84, nov. 1994, p. 89.

Research and development (European Commission: fifth framework program on sustainable development). RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd. V. 104, jun. 1997, p. 66.

Resurrected objects (designing products from discarded material). Abitare. Milano, Abitare Segesta, n. 356, nov. 1996, p. 194-9+.

Revisions to parts L and F of the building regulations, 1995--an overview (part L: conservation of fuel and power; part F: ventilation). RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd. V. 102, set. 1995, p. 73-4.

RIBA, Alan Everett. Materials. Longman, 1994.

RICHARDS, Kristen. *Wilkhahn's first annual ECO awards* (Ecology Design Awards Competition winners: showcase home by Arizona Public Service Co., and Southern California Gas Co. Energy Resource Center, Downey). Interiors. New York, Billboard Publications. v. 155, jun. 1996, p. 99-103.

RIEWOLDT, Otto. New Building Design. China, Lawrence & King Publishing, 1994.

ROBERTS, Norman. *Energizing the regions* (seminars on energy-efficient design). RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd. V. 99, fev. 1992, p. 58-9.

RULING, Karl G. *Gridcore: building with trash* (panel to replace wood in building scenery). TCI. New York, Theatre Crafts Associates. V. 29, jan. 1995, p. 57-8.

RUSSOMANO, Victor Henrique. Introdução a Administração de Energia na Indústria. Pioneira, 1987.

SABADY, P. R. Energia Solar na Habitação. CETOP, 1979.

SANCHEZ, L. E. *Brazil: Environmental Impact Assessment of Mining in São Paulo State*. In: IAIA'92 - ANNUAL MEETING OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR IMPACT ASSESSMENT. Washington, 1992. Anais. Washington, 1992.

SCERBO, William F. *Resource recovery: garbage to energy*. Landscape Architecture. American Society of Landscape Architects. v. 75, nov./dez. 1985, p. 41-8.

SCHRAGE, Michael. *Behavior problems* (recycling and environmentally sensitive design). ID. New York, Design Publications. v. 43, set./out. 1996, p. 48+.

SCHUMAN, Jennifer E. *Technics focus: cool daylight* (a new generation of glazing products). Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 73, abr. 1992, p. 136-41.

SCHWARTZ, Bonnie S. *Committing to energy-efficiency* (sophisticated energy-saving equipment such as daylight and occupancy sensors employed in built environments). Interiors. New York, Billboard Publications. v. 151, jul. 1992, p. 21.

Selected detail (sunscreen, architectural office, Hamburg). Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 73, abr. 1992, p. 130.

SHADE, Neil Thompson. *Sound blocks (acoustical performance from concrete masonry units).* Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 75, abr. 1994, p. 88-91+.

SHALDERS NETO, Armando. Padrões Arquitetônicos e Consumo de Energia. São Paulo, Agência para Aplicação de Energia, 1989.

SHERMAN, Suzette. *Recycled plastic and its viability*. ID. New York, Design Publications. v. 41, jan./fev. 1994, p. 16.

SIEBEIN, Gary W. *Listening to buildings (Architectural acoustics research group)* Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 75, jul. 1994, p. 87.

Simounet's earth building (crafts centre made of earth, Berrias, France). Mimar. Singapore, Concept Media. n. 4, abr./jun. 1982, p. 62-3.

SINHA, Sumita. *Down to earth buildings* (types of contemporary earth construction). Architectural Design. London, Standard Catalogue Co., v. 67, jan./fev. 1997, profile 90-3.

SINHA, Sumita; SCHUMANN, Patrick. *Earth building today*. Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 200, 22 set. 1994, p. 48-50.

SLESSOR, Catherine. Eco-Tech : Sustainable Architecture and High Technology. Thames & Hudson, 1997.

SLESSOR, Catherine. *Green light* (sustainable architecture: editorial). The Architectural Review. London, /s.n./, v. 199, set. 1996, p. 4-5.

SMITH, Nick Charlton. *Legislating to reduce noise (part one; implications for architects of regulations, standards and procedures).* Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 201, 9 mar. 1995, p. 35-6+.

SMITH, Nick Charlton. *Legislating to reduce noise (part two; design stage regulations and standards)* Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 201, 16 mar. 1995, p. 38-9.

SMITH, Peter F. *Energy: towards zero-energy buildings* (conference sponsored by RIBA: various locations, Great Britain). RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd.,. V. 101, abr. 1994, p. 55.

SMITH, Peter F. *Towards sustainable design* (RIBA Policy Statement on Global Warming and Ozone Depletion; summary). RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd. V. 102, out. 1995, p. 73-4.

SOARES, L.; FUJIMURA, F.; CHAVES A. P. *Características Tecnológicas de Rejeitos de Caulim: Reciclagem e Possibilidades de Aproveitamento*. Minérios: Extração e Processamento. São Paulo, n. 208, jan/fev 1996, p. 30-6.

SOLOMON, Nancy B. *New software saves BTUs* (improving energy efficiency during design development) Architecture. New York, BPI Communications, v. 85, mai. 1996, p. 257-61.

SORVING, Kim. *Earth-building in landscape architecture*. Landscape Architecture. American Society of Landscape Architects. v. 85, fev. 1995, p. 28-32.

SOTO MESSIAS, L. *Participação do Consumo de Energia na Indústria de Cerâmica Vermelha*. In: SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA, 1986. Anais.

Sound insulation and acoustics (3 article special section; with case studies). Architects' Journal. London, The Architectural Press ltd. V. 199, 8 jun. 1994, p. 23-6+.

SPIERS, Joseph. *Market forecast: rehabilitation and adaptive reuse*. Architectural Record. V. 175, jul. 1987, supp. 10-11.

STAMBOLIS, Costis. Minimising Energy Costs in Building: The Socioeconomic Environmental and Political Implications. Department of Architecture, Facult of Environmental Studies; Special Supplement to Science. Pergamon Press, Londres, 1975.

STEVENS, Ted. *Energy file*. RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd. V. 91, nov. 1984, p. 88.

STEVENS, Ted. *Wind sheltering* (energy-saving properties of shelter belts and wind deflecting fences; wind generators). Architect. London, RIBA Magazines Ltd. v. 93, out. 1986, p. 59-60.

Sustainable architecture (environmentally responsive buildings; 11 article special section). The Architectural Review. London, /s.n./, v. 199, set. 1996, p. 29-67.

TALARICO, Wendy. *Cool storage* (air conditioning that relies on ice, water, or salt takes advantage of low utility rates). Architecture. New York, BPI Communications, v. 82, ago. 1993, p. 115-18.

The green apocalypse: the pragmatists versus the idealists (selection of quotations from the Academy International Symposium, Royal Academy of Arts, London). Architectural Design. London, Standard Catalogue Co., v. 67, jan./fev. 1997, p. 94-5.

The Hongkong and Shanghai Banking Corporation (structure). GA Document. Tokyo, A.D.A. Edita. n. 16, 1986, p. 2-140.

THOMPSON, J. William. *From waste to product* (biosolids used to rebuild degraded soils). Landscape Architecture. American Society of Landscape Architects. v. 86, jun. 1996, p. 54+.

TILLEY, Ray Don. *Reclaimed resources* (recycling wastewater). Architecture. New York, BPI Communications, v. 79, dez. 1990, p. 97-9+.

TULUCA, Adrian. Energy Efficient Design and Construction for Commercial Buildings. New York, Editora McGraw-Hill, 1997.

UBEDA, Ramon. *Maderon, plastic wood* (made from almond by-products). Domus. Milano, Domus, n. 780, mar. 1996, p. 56-8.

ULIAN, Paolo. *Paolo Ulian: semilavorati di scarto nell'industria del marmo* (recycling discarded marble for interior furnishings). Domus. Milano, Domus, n. 745, jan. 1993, p. 10-11.

VALE, Brenda; VALE, Robert James Dennis. *The future development of the built environment (planning for sustainable development).* Town & Country Planning. London, Town and Country Planning Association. V. 61, nov./dez. 1992, p. 296-7.

VISHER, Jacqueline C. Workspace Strategies – Environment as a Tool for Work. New York, Chapman & Hall, 1996.

VITTORIA, Eduardo et al. Atti del Secondo Convegno dei Docenti del Ragrupamento Tecnologico. Roma, Centro di Tecnologia dell'Habitat, 1978.

VONIER, Thomas. *AIA debate: energy/research*. Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 67, abr. 1986, p. 25+.

VONIER, Thomas. *Washington report.* Progressive Architecture. Cleveland, Penton Publishing; Reinhold Publishing, v. 71, dez. 1990, p. 19-20.

WAGNER, Michael. *Acoustics (a new electroacoustic device that simulates human hearing offers an opportunity to hear spaces before building them)* Interiors. New York, Billboard Publications. v. 149, set. 1990, p. 38.

WAGNER, Michael. *Cleaner choices* (products and finishes). Interiors. New York, Billboard Publications. v. 153, jun. 1994, p. 104-5.

WAGNER, Michael. *Design for disassembly* (design philosophy emphasizing disassembly and parts consolidation can ease the burden on recyclers). Interiors. New York, Billboard Publications. v. 151, mar. 1992, p. 78-9.

WAGNER, Michael. *How to get green* (Green Seal and Scientific Certification Systems struggle with strategies to help consumers and manufacturers understand the environmental impacts of products). Interiors. New York, Billboard Publications. v. 151, jul. 1992 p. 72-4.

WAGNER, Michael. *Products* (Georgia manufacturer makes carpet out of plastic). Interiors. New York, Billboard Publications. v. 150, nov. 1990 p. 70-1.

WAGNER, Michael. *Sound in miniature (acoustic consultant Dennis Paoletti uses models to predict sound quality)* Interiors. New York, Billboard Publications. v. 149, ago. 1990, p. 36.

WAGNER, Michael. *Acoustics (an electronic system stops the low-frequency rumble of HVAC systems before it enters the office)* Interiors. New York, Billboard Publications. v. 150, mar. 1991, p. 29.

WAGNER, Michael. *Acoustics (Armstrong World Industries offers a lesson in acoustics and strategies for controlling sound in offices)* Interiors. New York, Billboard Publications. v. 150, abr. 1991, p. 28.

WAGNER, Michael. *Acoustics (search for ideal sound diffusion).* Interiors. New York, Billboard Publications. v. 146, jul. 1987, p. 56.

WAGNER, Michael. *Advanced media (Walters-Storyk synthesize acoustics and interior architecture: Full*

Sail Center for the Recording Arts, Winter Park, Fla) Interiors. New York, Billboard Publications. v. 150, mar. 1991, p. 84-5.

WAGNER, Michael. *Energy center* (Pacific Energy Center, San Francisco). Interiors. New York, Billboard Publications. v. 151, mar. 1992, p. 66-7.

WAGNER, Michael. *Energy matters* (architect integrates macro-environmental issues with building ecology in Way Station, an environmental health care facility, Frederick, Md). Interiors. New York, Billboard Publications. v. 151, abr. 1992, p. 66-7.

WAGNER, Michael. *Energy tool* (software helps designers analyze a window's thermal performance). Interiors. New York, Billboard Publications. v. 152, jun. 1993, p. 96.

WAGNER, Michael. *Energy wise* (in an ecology-minded America, designers can cut a building's energy use while saving money for clients). Interiors. New York, Billboard Publications. v. 150, jun. 1991, p. 108-10.

WAGNER, Michael. *Optimum sound conditions for boardrooms and executive conference rooms.* Interiors. New York, Billboard Publications. v. 147, jan. 1988, p. 48.

WAGNER, Michael. *Sound wall (Taipei Theater, New York)* Interiors. New York, Billboard Publications. v. 151, ago. 1992, p. 24.

WAGNER, Michael. *Sounds ratios (acoustical space planning: Classic Sound studios, New York)* Interiors. New York, Billboard Publications. v. 153, dez. 1994 p. 28.

WAGNER, Michael; PAOLETTI, Dennis. *Learning the basics of sound reflection problems.* Interiors. New York, Billboard Publications. v. 147, nov.1987, p. 72.

WATSON, Linda. *Earth as a British building material.* Architectural Design. London, Standard Catalogue Co., v. 67, jan./fev. 1997, profile 86-9.

WILCOCK, Richard. *Concrete energy conservation* (new Building Regulations insulation standards). RIBA Journal. London, RIBA Magazines Ltd. V. 97, fev. 1990, p. 83+.

WILSON, Alex. *Evaluating window performance* (a new standard helps architects compare energy savings of windows). Architecture. New York, BPI Communications, v. 8, abr. 1992, p. 105-7.

WILSON, Forrest. *Building in developing nations (architecture for a half-primitive, half-high-tech world).* Architecture. New York, BPI Communications, v. 77, set. 1988, p. 122-7.

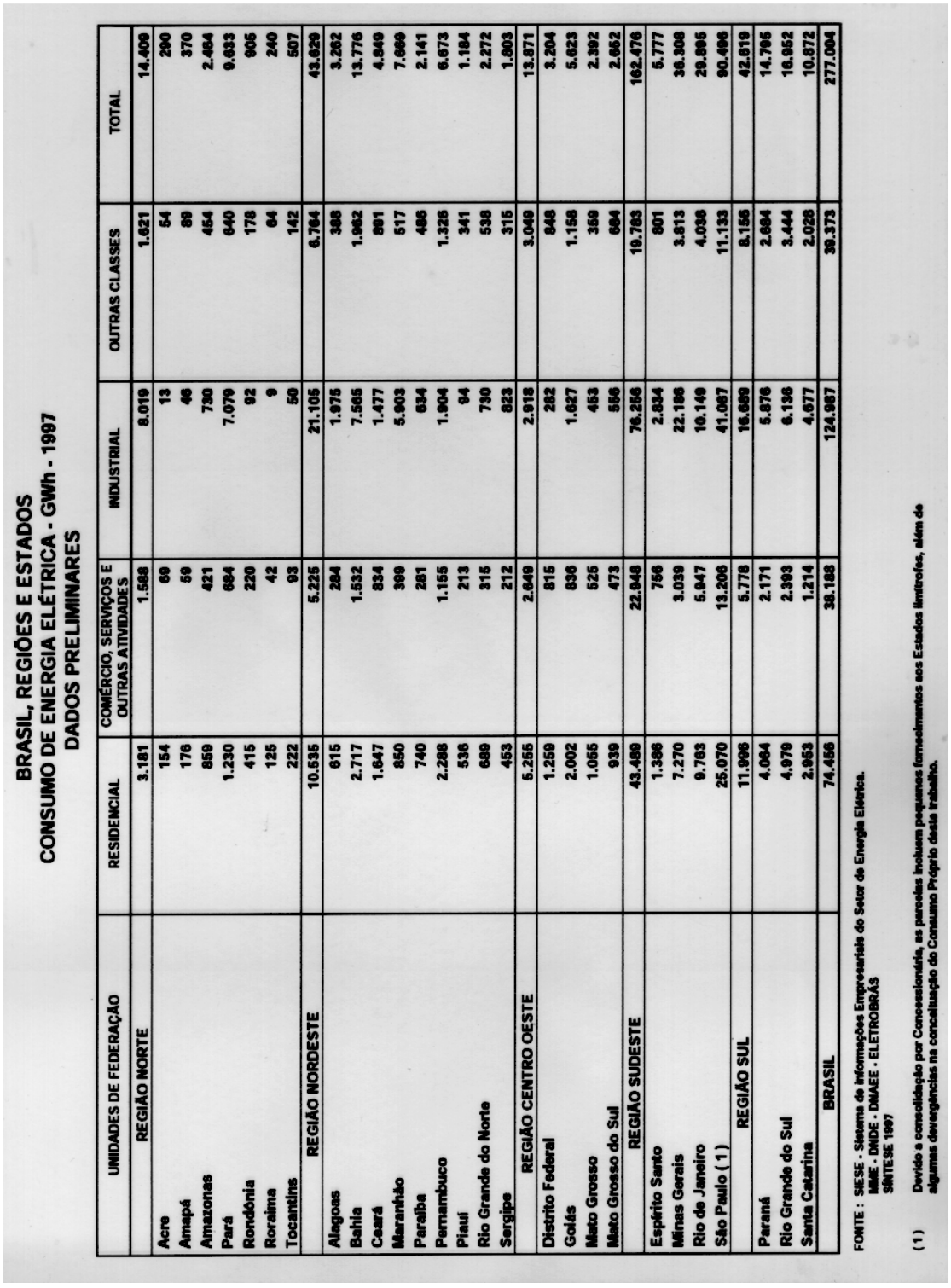
WILSON, Forrest. *Meeting the seemingly insatiable demands for power in buildings.* Architecture. New York, BPI Communications, v. 78, abr. 1989, p. 101-3.

WILSON, Forrest. *The Changing nature of building skins*. Architecture. New York, BPI Communications, v. 78, mar. 1989, p. 66-71.

WRI – WORLD RESOURCES INSTITUTE; UICN – THE WORLD CONSERVATION UNION; PNUMA – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. A Estratégia Global da Biodiversidade: Diretrizes de Ação para Estudar, Salvar e Usar de Maneira Sustentável e Justa a Riqueza Biótica da Terra. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 1992.

WUTKA, Thomas; MCKAY, Hayden; BRYAN, Harvey. *ASHRAE and IES revise energy standards for new buildings* (Standard 90.1P; 4 article special section). Architectural Record. New York, Mcgraw Hill, v. 176, jun. 1988, p. 152-7.

ANEXO 1 – ÍNDICES DE CONSUMO ENERGÉTICO



BRASIL, REGIÕES E ESTADOS
CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA - GWh - 1997
DADOS PRELIMINARES

UNIDADES DE FEDERAÇÃO	RESIDENCIAL	COMÉRCIO, SERVIÇOS E OUTRAS ATIVIDADES	INDUSTRIAL	OUTRAS CLASSES	TOTAL
REGIÃO NORTE	3.181	1.588	8.019	1.621	14.409
Acre	154	60	13	54	280
Amapá	176	59	46	89	370
Amazonas	859	421	730	464	2.484
Pará	1.230	684	7.070	649	9.633
Rondônia	415	220	92	178	905
Roraima	125	42	9	64	240
Tocantins	222	93	50	142	507
REGIÃO NORDESTE	10.535	5.225	21.105	6.764	43.629
Alagoas	615	284	1.975	388	3.262
Bahia	2.717	1.532	7.565	1.962	13.776
Ceará	1.847	834	1.477	891	4.849
Maranhão	850	390	5.903	517	7.660
Paraíba	740	281	634	486	2.141
Pernambuco	2.288	1.155	1.904	1.326	6.673
Piauí	536	213	94	341	1.184
Rio Grande do Norte	689	315	730	538	2.272
Sergipe	453	212	823	315	1.803
REGIÃO CENTRO OESTE	5.265	2.649	2.918	3.049	13.871
Distrito Federal	1.259	815	282	848	3.204
Goiás	2.002	836	1.827	1.158	5.823
Mato Grosso	1.065	525	453	359	2.392
Mato Grosso do Sul	939	473	556	684	2.652
REGIÃO SUDESTE	43.489	22.848	76.256	19.783	162.476
Espírito Santo	1.386	756	2.834	801	5.777
Minas Gerais	7.270	3.039	22.186	3.813	36.308
Rio de Janeiro	9.783	5.947	10.149	4.036	29.895
São Paulo (1)	25.070	13.206	41.087	11.133	90.496
REGIÃO SUL	11.906	5.778	16.680	8.156	42.519
Paraná	4.084	2.171	5.876	2.684	14.795
Rio Grande do Sul	4.979	2.393	6.136	3.444	16.952
Santa Catarina	2.953	1.214	4.677	2.028	10.872
BRASIL	74.456	38.188	124.987	39.373	277.004

FONTE : SESE - Sistema de Informações Empresariais do Setor de Energia Elétrica.
MME - DNDE - DNAEE - ELETROBRÁS
SÍNTESE 1997

(1) Devido a consolidação por Concessionária, as parcelas incluem pequenos fornecimentos aos Estados limítrofes, além de algumas divergências na conceituação do Consumo Próprio desta trabalho.

Tabela A1.1 - Consumo de Energia Elétrica, por setor e por estado do Brasil.

Fonte: CESP, 1998.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA - 1997
MUNICÍPIOS DE MAIOR DESTAQUE NO CONSUMO COMERCIAL - kWh

ORDEM	MUNICÍPIO	CONCESSIONÁRIA	REGIÃO ADMINISTRATIVA	ÁREA (km²)	POPULAÇÃO	CONSUMO COMERCIAL	PARTICIPAÇÃO NO ESTADO - (%) RELATIVA	ACUMULADA
1	SAO PAULO	ELETROPAULO	METROPOLITANA	1.509	9.856.879	6.100.585.000	46,23	46,23
2	CAMPINAS	CPFL	CAMPINAS	890	919.084	471.993.404	3,58	49,81
3	SANTOS	ELETROPAULO	SANTOS	271	409.894	334.692.000	2,54	52,35
4	RIBEIRAO PRETO	CPFL	RIBEIRAO PRETO	642	460.569	280.238.275	2,12	54,47
5	SAO BERNARDO DO CAMPO	ELETROPAULO	METROPOLITANA	411	679.934	259.382.000	1,97	56,44
6	SANTO ANDRE	ELETROPAULO	METROPOLITANA	181	626.739	245.428.000	1,86	58,30
7	GUARULHOS	ELETROPAULO	METROPOLITANA	334	1.012.150	241.976.000	1,83	60,13
8	OSASCO	ELETROPAULO	METROPOLITANA	68	633.979	228.663.000	1,73	61,86
9	SAO JOSE DO RIO PRETO	CPFL	SAO JOSE DO RIO PRETO	438	331.539	175.963.137	1,33	63,19
10	BARUERI	ELETROPAULO	METROPOLITANA	61	186.051	167.857.000	1,27	64,46
11	SAO JOSE DOS CAMPOS	ELETROPAULO	SAO JOSE DOS CAMPOS	1.142	485.240	160.661.000	1,22	65,68
12	SOROCABA	ELETROPAULO	SOROCABA	443	441.818	143.668.000	1,09	66,77
13	SAO SEBASTIAO	ELETROPAULO	SAO JOSE DOS CAMPOS	479	45.808	140.527.000	1,06	67,83
14	JUNDIAI	ELETROPAULO	CAMPINAS	450	293.906	127.434.000	0,97	68,80
15	BAURU	CPFL	BAURU	674	298.407	119.185.579	0,90	69,70
16	SAO CAETANO DO SUL	ELETROPAULO	METROPOLITANA	12	137.735	107.341.000	0,81	70,51
17	PIRACICABA	CPFL	CAMPINAS	1.353	307.165	103.396.808	0,78	71,29
18	GUARUJA	CESP ELETROPAULO	SANTOS	137	229.650	94.006.631	0,71	72,00
19	MOGI DAS CRUZES	ELETROPAULO	METROPOLITANA	731	321.211	88.826.000	0,67	72,67
20	PRESIDENTE PRUDENTE	CSE	PRESIDENTE PRUDENTE	565	179.556	81.296.118	0,62	73,29
21	DIADEMA	ELETROPAULO	METROPOLITANA	32	328.507	79.580.000	0,60	73,89
22	SAO VICENTE	ELETROPAULO	SANTOS	146	281.816	75.048.000	0,57	74,46
23	ARARAQUARA	CPFL	CENTRAL	1.011	169.960	67.171.911	0,51	74,97
24	LIMEIRA	CESP	CAMPINAS	579	234.654	65.166.018	0,49	75,46
25	TAUBATE	ELETROPAULO	SAO JOSE DOS CAMPOS	609	222.465	61.465.000	0,47	75,93
26	FRANCA	CPFL	FRANCA	571	273.653	59.657.264	0,45	76,38
27	AMERICANA	CPFL	CAMPINAS	144	170.488	59.573.677	0,45	76,83
28	MARILIA	CPFL	MARILIA	1.154	181.220	59.568.276	0,45	77,28
29	PRAIA GRANDE	ELETROPAULO-CESP	SANTOS	145	158.281	58.592.232	0,44	77,72
30	ARACATUBA	CPFL	ARACATUBA	1.168	184.394	56.893.041	0,43	78,15
31	SAO CARLOS	CPFL	CENTRAL	1.132	178.429	53.954.874	0,41	78,56
32	MAUA	ELETROPAULO	METROPOLITANA	67	352.965	52.441.000	0,40	78,96
33	CUBATAO	ELETROPAULO	SANTOS	148	98.497	52.233.000	0,40	79,36
34	TABOAO DA SERRA	ELETROPAULO	METROPOLITANA	20	187.749	51.215.000	0,39	79,75

Tabela A1.2 – Consumo de energia do setor comercial, por municípios do estado de São Paulo.

Fonte: CESP, 1998.

ANEXO 2 – NORMAS BRASILEIRAS

A seguir são enumeradas as normas brasileiras referentes à temática abordada neste trabalho.

Blocos e tijolos para alvenaria de fechamento

- EB00228, 1969, Agregados leves para concreto de elementos para alvenaria.
- NB00788, 1984, Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos.
- NBR 05718 / NB00340, 1982, Alvenaria modular.
- NBR 06460 / MB00052, 1983, Tijolo maciço cerâmico para alvenaria - Verificação da resistência à compressão.
- NBR 06461 / MB00053, 1983, Bloco cerâmico para alvenaria - Verificação da resistência à compressão.
- NBR 07170 / EB00019, 1983, Tijolo maciço cerâmico para alvenaria.
- NBR 07171 / EB00020, 1992, Bloco cerâmico para alvenaria.
- NBR 07173 / EB00050, 1982, Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural.
- NBR 07184 / MB00116, 1991, Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Determinação da resistência à compressão.
- NBR 08041 / PB01007, 1983, Tijolo maciço cerâmico para alvenaria - Forma e dimensões.
- NBR 08042 / PB01008, 1992, Bloco cerâmico para alvenaria - Formas e dimensões.
- NBR 08043 / MB01820, 1983, Bloco cerâmico portante para alvenaria - Determinação da área líquida.
- NBR 08545 / NB00788, 1984, Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos.
- NBR 09287 / MB02412, 1986, Argamassa de assentamento para alvenaria de bloco de concreto - Determinação da retenção de água.
- NBR 12117 / MB03458, 1991, Blocos vazados de concreto para alvenaria - Retração por secagem.
- NBR 12118 / MB03459, 1991, Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Determinação da absorção de água, do teor de umidade e da área líquida.
- NBR 13438, 1995, Blocos de concreto celular autoclavado.
- NBR 13439, 1995, Blocos de concreto celular autoclavado - Verificação da resistência à compressão.
- NBR 13440, 1995, Blocos de concreto celular autoclavado - Verificação da densidade de massa aparente seca.

Esquadrias, vidros e alumínio

- NBR 05722 / NB00346, 1982, Esquadrias modulares.
- NBR 05728 / NB00423, 1982, Detalhes modulares de esquadrias.
- NBR 06485 / MB01225, 1989, Caixilho para edificação - Janela, fachada-cortina e porta externa - Verificação da penetração de ar.
- NBR 06485 / MB01225, 1989, Caixilho para edificação - Janela, fachada-cortina e porta externa - Verificação da penetração de ar.
- NBR 06485 / MB01225, 1989, Caixilho para edificação - Janela, fachada-cortina e porta externa - Verificação da penetração de ar.
- NBR 06486 / MB01226, 1989, Caixilho para edificação - Janela, fachada-cortina e porta externa - Verificação da estanqueidade à água.
- NBR 06486 / MB01226, 1989, Caixilho para edificação - Janela, fachada-cortina e porta externa - Verificação da estanqueidade à água.
- NBR 06487 / MB01227, 1989, Caixilho para edificação - Janela, fachada-cortina e porta externa - Verificação do comportamento, quando submetido a cargas uniformemente distribuídas.
- NBR 06487 / MB01227, 1989, Caixilho para edificação - Janela, fachada-cortina e porta externa - Verificação do comportamento, quando submetido a cargas uniformemente distribuídas.
- NBR 06834 / CB00032, 1981, Alumínio e suas ligas.
- NBR 06835 / CB00079, 1981, Alumínio e suas ligas – Têmperas

- NBR 07000 / EB01259, 1981, Alumínio e suas ligas - Propriedades mecânicas de produtos extrudados.
- NBR 07199 / NB00226, 1988, Projeto, execução e aplicações - Vidros na construção civil.
- NBR 07202 / NB00606, 1982, Desempenho de janelas de alumínio em edificação de uso residencial e comercial.
- NBR 07210 / TB00088, 1989, Vidro na construção civil.
- NBR 08116 / PB01018, 1983, Alumínio e suas ligas - Tolerâncias dimensionais de produtos extrudados.
- NBR 08967 / TB00260, 1998, Alumínio e suas ligas - Tratamento superficial – Terminologia.
- NBR 08968 / CB00131, 1985. Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas.
- NBR 10820 / TB00354, 1989, Caixilho para edificação – Janela.
- NBR 10821 / EB01968, 1989, Caixilho para edificação – Janela.
- NBR 10821 / EB01968, 1989, Caixilho para edificação – Janela.
- NBR 10822 / MB03064, 1989, Caixilho para edificação - Janela dos tipos de abrir e pivotante - Verificação da resistência às operações de manuseio.
- NBR 10823 / MB03065, 1989, Caixilho para edificação - Janela do tipo projetante - Verificação da resistência às operações de manuseio.
- NBR 10824 / MB03066, 1989, Caixilho para edificação - Janela do tipo de tombar - Verificação da resistência às operações de manuseio.
- NBR 10825 / MB03067, 1989, Caixilho para edificação - Janela do tipo basculante - Verificação da resistência às operações de manuseio.
- NBR 10826 / MB03068, 1989, Caixilho para edificação - Janela do tipo reversível - Verificação da resistência às operações de manuseio.
- NBR 10827 / MB03069, 1989, Caixilho para edificação - Janela do tipo de correr - Verificação da resistência às operações de manuseio.
- NBR 10828 / MB03070, 1989, Caixilho para edificação - Janela do tipo guilhotina - Verificação da resistência às operações de manuseio.
- NBR 10829 / MB03071, 1989, Caixilho para edificação - janela - Medição da atenuação acústica.
- NBR 10830 / TB00355, 1989, Caixilho para edificação - Acústica dos edifícios.
- NBR 10831 / NB01220, 1989, Projeto e utilização de caixilhos para edificações de uso residencial e comercial - Janelas.
- NBR 11706 / EB00092, 1992, Vidros na construção civil.
- NBR 12609 / PB01526, 1992, Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas - Anodização para fins arquitetônicos.
- NBR 12610 / MB03352, 1992, Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas - Determinação da espessura da camada anódica pelo método de corrente parasita (Eddy Current).
- NBR 12611 / MB03353, 1992, Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas - Determinação da espessura da camada anódica pelo método de microscopia.
- NBR 12612 / MB03354, 1992, Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas - Determinação da resistência da camada anódica colorida ao intemperismo acelerado - Solidez à luz.
- NBR 12613 / MB03537, 1993, Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas - Determinação da qualidade de selagem na anodização pelo método da absorção de corantes.
- NBR 13756, 1996, Esquadrias de alumínio - Guarnição elastomérica em EPDM para vedação - Especificação.
- NBR 13821, 1997, Vidros de segurança temperados e laminados para a construção civil - Determinação das propriedades mecânicas e ópticas.
- NBR 14125, 1998, Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas - Revestimento orgânico – Pintura.

ANEXO 3 – ENERGIA EMBUTIDA NOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Material	Unit	Embodied Energy (Btu/unit)	
		Before delivery to job-site	After delivery to job-site
Wood Products			
Softwood: Rough Lumber	Bd Ft	5229	7661
Dressed Lumber	Bd Ft	5399	7859
Hardwood: Rough Lumber	Bd Ft	6744	9816
Dressed Lumber	Bd Ft	6633	9655
Wood Shingles & Shakes	Ft^2	4682	7315
Wood Window Units			
Double-Hung	Each	854671	1127234
Awning & Casement	Each	893021	1190349
Other	Each	1373150	1830335
Wood Doors			
Panel Type – Int. & Ext.	Each	654851	872881
Flush Type Hollow Core	Each	259952	346502
Flush Type Solid Core	Each	893696	1191182
Veneer & Plywood			
Hardwood	Ft^2	12942	17025
Softwood – Interior	Ft^2	3790	4986
Softwood – Exterior	Ft^2	4393	5779
Prefabricated Structural Wood Members			
Glued & Laminated	Bd Ft	14673	16733
Paper Products			
Construction Paper	Lb	8841	10479
Paint Products			
Exterior Oil Paints & Enamel	Gal	413066	488523
Exterior Water Base Paints	Gal	413519	489063
Interior Oil Base Paints	Gal	429932	508475
Interior Water Base Paints	Gal	369519	437025
Asphalt Products			
Roofing Asfalt	Lb	6701	6914
Roll Roofing – Smooth Surface	Ft^2	7514	7753
Roll Roofing – Mineral Surface	Ft^2	10673	11012
Standard Strip Shingles	Ft^2	24553	25334
Asphalt Saturated Felts	Lb	13210	13630
Tar Saturated Felts	Lb	16416	16938
Glass Products			
Window Glass – Single Strength	Ft^2	11895	13659
Window Glass – Double Strength	Ft^2	13437	15430
Plate Glass – Average (3/16")	Ft^2	41828	48031
Laminated Plate - Average	Ft^2	185058	212504
Primary Non-Ferrous Metals			
Aluminum			
Plate	Lb	113049	115567
Sheet	Lb	94596	95943
Rolled Bars & Structural Shapes	Lb	90852	92146

Tabela A3.1 – Energia embutida nos materiais de construção.

Fonte: STEIN, R. e SERBER, D. 1979, p. 190-191.

Material	Unit	Embodied Energy (Btu/unit)	
		Before delivery to job-site	After delivery job-site
Stone & Clay Products			
Portland cement	Bbl (376 lb)	1526498	1582126
Brick – $2^1/_4$" x $3^5/_8$" x $7^5/_8$"			
Common & face	Each	13570	14283
Other unglazed	Each	24306	25582
Facing tile and ceramic			
Glazed brick	Each	31749	33416
Quarry tile	Ft^2	46589	51031
Ceramic mosaic tile – glazed	Ft^2	62682	68660
Ceramic mosaic tile – unglazed	Ft^2	58081	63619
Concrete block 8" x 5" x 16"	Each	29018	31821
Ready-mix concrete	Cu Yd	2584938	2594338
Quick lime	Ton	6394720	6867465
Hydrated lime	Ton	8812374	9463852
Dead burned dolomite	Ton	9077302	9748365
Gypsum building materials	Ton	6189370	6970088
Mineral wool insulation			
Loose fiber	Ton	11426830	12826171
Batts, blankets & rolls $3^1/_2$" thick	Ft^2	6112	6860
Primary Iron & Steel			
Pig iron	Lb	7075	7444
Carbon Steel Sheet – hot rolled & enameled	Lb	15965	16803
Carbon steel sheet – galvanized	Lb	26458	27836
Hot rolled bars & shapes, carbon steel	Lb	17808	18736
Carbon steel reinforcing bars	Lb	14888	15664
Alloy steel – plates & structural shapes	Lb	25577	26910
Wire for prestressed concrete	Lb	42423	44633
Carbon steel nail & staples	Lb	32331	34016
Steel wire – plain	Lb	29635	31179
Steel wire – galvanized	Lb	32683	34385
Concrete reinforced mesh – welded wire	Lb	22989	24187
Carbon steel pipe	Lb	24535	25813
Stainless steel			
Sheets – hot rolled	Lb	76814	80816
Sheets – cold rolled	Lb	131449	138298
Bars – hot rolled	Lb	149454	157241
Bars – cold finished	Lb	183579	193144
wire	Lb	228046	239927
Fabricated metal products			
Fabricated structural steel	Lb	21711	22707
Screw Machine Products			
Hex nuts, lag screws & bolts, studs & threaded rods	Lb	22474	26625
Rivets ½" & over	Lb	14640	17344

Tabela (cont.) – Energia embutida nos materiais de construção.

Fonte: STEIN, R. e SERBER, D. 1979, p. 190-191.

ANEXO 4 – CONDUTIBILIDADE TÉRMICA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Material	Densidade kg/m^3	Condutibilidade Térmica kcal/mh^{o}C
CONCRETOS		
De pedregulho	1950-2050	1.10
De pedregulho	2150-2250	1.30
De pedregulho visto	2150-2250	1.42
De pedregulho	2350-2450	1.50
De pedregulho visto	2350-2450	1.64
De cascalho	1700-1800	0.70
Celulares	250-350	0.09
Celulares	350-450	0.10
Celulares	450-550	0.12
Celulares	550-650	0.14
Celulares	750-850	0.18
Celulares	950-1050	0.23
ARGAMASSA		
De cal ou de cimento	1650-1750	0.64
De cal ou de cimento	1850-1950	0.80
Acabamento de gesso	1150-1250	0.60
CERÂMICOS		
Tijolo maciço (artesanal)	1250-1350	0.52*
Tijolo maciço (artesanal visto)	1250-1350	0.62*
Tijolo maciço prensado (industrial)	1550-1650	0.54*
Tijolo maciço prensado (industrial) visto	1550-1650	0.77*
Material cerâmico em tijolos furados e abóbadas	1850-1950	0.78
IMPERMEABILIZANTES		
Telas e asfalto	1300	0.50
VEGETAIS		
Madeiras naturais	550-650	0.14
Madeiras naturais	750-850	0.17
Madeiras aglomeradas e prensadas	750-850	0.17
Madeiras aglomeradas e prensadas	950-1050	0.21
Palha	180-200	0.10

(*) Estes valores incluem a argamassa de união.

Tabela A4.1 – Condutibilidade térmica dos materiais de construção.

Fonte: RIVERO, Roberto. FAUUSP. (Citado por: MASCARÓ, L. , 1991, p. 152 –154.)

Material	Densidade kg/m^3	Condutibilidade Térmica kcal/mh^{o}C
PAINÉIS		
De fibrocimento	1800-2000	0.65
De fibra de madeira	250-350	0.04
De fibra de madeira	350-450	0.045
De fibra de madeira	550-650	0.06
ISOLANTES		
Cortiça	150-250	0.04
Cortiça	350-450	0.06
Isopor	15-20	0.03
Lã de vidro	150-250	0.04
Vermiculite	100	0.06
PAVIMENTOS		
Baldosa comum ou monolítica	2000	1.10*
Baldosa asfáltica	2200	1.10
PÉTREOS		
Areias seca	1600	0.42
Calcário	2000	1.20
Gres	2400	1.70
Arenoso	2000	1.10
Mármore	2500-2800	2.50
Granito	2500-3000	2.90
Ardósia	2700	1.80
METÁLICOS		
Alumínio	2700	197
Zinco	7130	95
Ferro	7870	62
Aço	7780	40
Cobre	8930	330
Bronze	8000	55
VÁRIOS		
Vidro	2500-2700	1.00
Água	1000	0.53
Ar	1.29	0.021

(*) Estes valores incluem a argamassa de união.

Tabela (cont.) – Condutibilidade térmica dos materiais de construção

Fonte: RIVERO, Roberto. FAUUSP. (Citado por: MASCARÓ, L. , 1991, p. 152 –154)

ANEXO 5 – NÍVEL DE RUÍDO PARA DIFERENTES AMBIENTES

A NBR 10152, da ABNT, fixa os níveis de ruído para conforto acústico em diferentes ambientes, como se vê na tabela a seguir.

Locais	dB(A)
Hospitais	
Apartamentos, enfermarias, berçários, centros cirúrgicos	35-45
Laboratórios, áreas para o uso do público	40-45
Serviços	45-55
Escolas	
Bibliotecas, salas de música, salas de desenho	35-45
Salas de aula, laboratórios	40-50
Circulação	45-55
Hotéis	
Apartamentos	35-45
Restaurantes, salas de estar	40-50
Portaria, recepção, circulação	45-55
Residências	
Dormitórios	35-45
Salas de estar	40-50

Tabela A4.1 – Níveis de ruído para conforto

Fonte: ABNT, NBR 10152.

Locais	dB(A)
Auditórios	
Salas de concertos, teatros	30-40
Salas de conferência, cinemas, salas de uso múltiplo	35-45
Restaurantes	40-50
Escritórios	
Salas de reunião	30-40
Salas de gerência, salas de projeto e de administração	35-45
Salas de computadores	45-65
Salas de mecanografia	50-60
Igrejas e templos (cultos mediativos)	40-50
Locais para esporte	
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45-60

Tabela (cont.) – Níveis de ruído para conforto

Fonte: ABNT, NBR 10152.

ANEXO 6 – RECOMENDAÇÕES DA AGENDA 21

O UNCHS (1993, p. 17) apresenta as recomendações da Agenda 21 para a prática de atividades sustentáveis na indústria da construção, que são transcritas a seguir.

PROMOTING SUSTAINABLE CONSTRUCTION INDUSTRY ACTIVITIES

Basis for action

The activities of the construction sector are vital to the achievement of the national socio-economic development goals of providing shelter, infrastructure and employment. However, they can be a mayor source of environmental damage through depletion of the natural resource base, degradation of fragile eco-zones, chemical pollution and the use of building materials harmful to human health.

Objectives

The objectives are first, to adopt policies and technologies and to exchange information on them in order to enable the construction sector to meet human settlement development goals, while avoiding harmful side-effects on human health and on the biosphere, and, second, to enhance the employment-generation capacity of the construction sector. Governments should work in close collaboration with the private sector in achieving these objectives.

Activities

All countries should, as appropriate and in accordance with national plans, objectives and priorities:

(a) Establish and strengthen indigenous building materials industry based, as much as possible, on inputs of locally available natural resources;

(b) Formulate programmes to enhance the utilization of local materials by the construction sector by expanding technical support and incentive schemes for increasing the capabilities and economic viability of small-scale and informal operatives which make use of these materials and traditional construction techniques;

(c) Adopt standards and other regulatory measures which promote the increased use of energy-efficient designs and technologies and sustainable utilization of natural resources in an economically and environmentally appropriate way;

(d) Formulate appropriate land-use policies and introduce planning regulations specially aimed at the protection of eco-sensitive zones against physical disruption by construction and construction-related activities;

(e) Promote the use of labour-intensive construction and maintenance technologies which generate employment in the construction sector for the underemployed labour force found in most large cities, while at the same time promoting the development of skills in the construction sector;

(f) Develop policies and practices to reach the informal sector and self-help housing builders by adopting measures to increase the affordability of building materials on the part of the urban and rural poor through *inter alia* credit schemes and bulk procurement of

building materials for sale to small-scale builders and communities.

All countries should:

(a) Promote the free exchange of information on the entire range of environmental and health aspects of construction, including the development and dissemination of databases on the adverse environmental effects of building materials through the collaborative efforts of the private and public sectors;

(b) Promote the development and dissemination of databases on the adverse environmental and health effects of building materials and introduce legislation and financial incentives to promote recycling of energy-intensive materials in the construction industry and conservation of waste energy in building materials production methods;

(c) Promote the use of economic instruments, such as product charges, to discourage the use of construction materials and products that create pollution during their live cycle;

(d) Promote information exchange and appropriate technology transfer among all countries, with particular attention to developing countries, for resource management in construction, especially for non-renewable resources;

(e) Promote research in construction industries and related activities, and establish and strengthen institutions in this sector.

Means of implementation

(a) Financing and cost evaluation

It is roughly estimated that the construction activities of developing countries amount to about US$ 400 billion annually and will increase by about US$ 20 billion annually. The stream of new investments for these levels of activity and to bring in clean technologies is estimated at US$ 40 billion annually, primarily from private sources. If 10 per cent of the new investments come from the international community, this would amount to US$ 4 billion annually. About US$ 3 million would be needed to strengthen international organizations.

(b) Human resource development and capacity-building

Developing countries should be assisted by international support and funding agencies in upgrading the technical and managerial capacities of the small entrepreneur and the vocational skills of operatives and supervisors in the building materials industry using a variety of training methods. These countries should also be assisted in developing programmes to encourage the use of non-waste and clean technologies through appropriate transfer of technology.

General education programmes should be developed in all countries, as appropriate, to increase builder awareness of available sustainable technologies.

Local authorities are called upon to play a pioneering role in promoting the increased use of environmentally sound building materials and construction technologies, e. g. by pursuing an innovative procurement policy.

Capa impressa em *silk screen* sobre tecido.
Miolo impresso em papel Eco Natural com fibras aparentes 100% naturais e com 20% de celulose reciclada, na cor giz, 90 g.